

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

«На правах рукопису»

«До захисту допущено»

УДК

Завідувач кафедри

О.В. Гондлях

«_»_____ 20 р.

Магістерська дисертація

**на здобуття ступеня магістра зі
спеціальності 133 – Галузеве машинобудування**

**на тему: «Визначення місця встановлення датчиків системи
інформаційної підтримки життєвого циклу аміакопроводу»**

Виконав:

студент 2 курсу, групи ЛП-82мп

Писаренко Олександр Олегович

Керівник:

в.о.зав. кафедри ХПСМ, професор, д.т.н. Гондлях О.В.

Консультант з розділу модернізація: доц.

каф. ХПСМ, д.т.н. Щербина В.Ю.

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.

Студент

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет інженерно хімічний

(повна назва)

Кафедра хімічно полімерне силікатне машинобудування

(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність (спеціалізація) 133 Галузеве машинобудування

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О. В. Гондлях
(підпис) (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Писаренко Олександр Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Визначення місця встановлення датчиків системи інформаційної підтримки життєвого циклу аміакопроводу

науковий керівник дисертації професор, д.т.н. Гондлях О.В.,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 20__ р. № _____

2. Строк подання студентом дисертації 13.12.2019

3. Об'єкт дослідження мостовий перехід через р. Дніпро

4. Предмет дослідження (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою) маса металоконструкції - 805 т; маса канатів -560 т; маса механічних вузлів и деталей - 47 т; загальна маса моста -1412 т; висота пілонів – 87 м; діаметр канатів головного кабелю – 71,5 мм; діаметр канатів вітрових відтяжок – 71,5 мм; габарити ферми жорсткості – 2,4х2,8 м; довжина ферми жорсткості – 720 м; підмостовий габарит – 13,5х640 м; бетон і залізобетон в опорах – 4587 м³.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Зміст; Вступ; Призначення та галузь застосування; Технічні характеристики базової конструкції; Літературний огляд стану питання; Опис базової конструкції, її основних частин; Охорона праці; Математична модель; Побудова моделі конструкції моста; Розрахунок глобальної задачі; Висновок.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: загальний вид мостового переходу; елемент ферми; капролонове кільце; глобальна задача; переміщення від напрямку вітру.

7. Орієнтовний перелік публікацій: Температурні напруження у матеріальному циліндрі екструдена у режимі стартового розігріву; Розробка 3Д моделі фермової конструкції для подальшого її розрахунку методом скінчених елементів.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Загальний	Прізвище, ініціали та посада	модернізація	<i>плагіат</i>
Перевірка	Щербина В.Ю., д.т.н., проф.		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Вступ		
2	Призначення та галузь		

	застосування		
3	Технічні характеристики базової конструкції		
4	Літературний огляд стану питання		
5	Опис базової конструкції, її основних частин		
6	Охорона праці		
7	Математична модель; Побудова моделі конструкції моста		
8	Розрахунок глобальної задачі		
9	Висновки		
10	Оформлення ПЗ		
11	Оформлення креслень		

Студент

(підпис)

О.О. Писаренко

(ініціали, прізвище)

Керівник дисертації

(підпис)

О.В. Гондлях

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему "Визначення місця встановлення датчиків системи інформаційної підтримки життєвого циклу аміакопроводу" виконала студентка групи ЛП-81мп Писаренко О.О., завідувач - доктор технічних наук, професор - Гондляр О.В.

Мета магістерської дисертації - визначення місця встановлення датчиків системи інформаційної підтримки життєвого циклу аміакопроводу. Магістерська дисертація містить "Пояснювальну записку", що складається з 3 розділів. Загальний обсяг магістерської дисертації становить 79 сторінок, 34 зображень та 17 джерел посилань.

Проект містить опис мостового перетину аміачного трубопроводу Тольятті-Одеса через річку Дніпро.

Проект має літературний пошук мостових переїздів, схожих за структурою на переправу через Дніпро, з метою перегляду різних рішень для мостових переходів та виявлення контурів мостів, які потребують оцінки залишкової міцності, подібних, мостових переходів.

Розрахунок деформацій, напружень через річку Дніпро від впливу вітрових навантажень (за допомогою 3D-моделі) дозволяє зробити висновок про стан моста протягом експлуатації сорока років.

Аналіз цих розрахунків виявив слабкість мостового зв'язку.

За результатами роботи над магістерською дисертацією були опубліковані дипломні роботи.

Проект магістра також відповідає вимогам охорони праці.

Ключові слова: АМІАКОПРОВІД, ПЕРЕХІД МОСТОВИЙ, МАТЕРІАЛ.

Реферат

Магистерская диссертацию на тему "Определение места установки датчиков системы информационной поддержки жизненного цикла аммиакопровода" выполнила студентка группы ЛП-81мп Писаренко А.А., заведующий - доктор технических наук, профессор - Гондла А.В.

Цель магистерской диссертации - определение места установки датчиков системы информационной поддержки жизненного цикла аммиакопровода. Магистерская диссертация содержит "пояснительную записку", состоящий из 3 разделов. Общий объем магистерской диссертации составляет 79 страниц, 34 изображений и 17 источников ссылок.

Проект содержит описание мостового пересечения аммиачного трубопровода Тольятти-Одесса через реку Днепр.

Проект имеет литературный поиск мостовых переходов, похожих по структуре на переправу через Днепр, с целью просмотра различных решений для мостовых переходов и выявления контуров мостов, требующих оценки остаточной прочности, подобных, мостовых переходов.

Расчет деформаций, напряжений через реку Днепр от воздействия ветровых нагрузок (с помощью 3D-модели) позволяет сделать вывод о состоянии моста в течение эксплуатации сорока лет.

Анализ этих расчетов проявил слабость мостовой связи.

По результатам работы над магистерской диссертацией были опубликованы дипломные.

Проект магистра также отвечает требованиям охраны труда.

Ключевые слова: Аммиакопровод, ПЕРЕХОД МОСТОВОЙ, МАТЕРИАЛ.

ABSTRACT

Master's thesis on "Determining the location of sensors for the information support system for the life cycle of the ammonia pipeline" was performed by a student of the group LP-81MP Pisarenko OO, Head - Doctor of Technical Sciences, Professor - Gondlyakh OV

The purpose of the master's thesis is to determine the location of the sensors of the ammonia pipeline life cycle information system. The Master's Thesis contains an "Explanatory Note" consisting of 3 sections. The total master's thesis is 79 pages, 34 images and 17 links.

The project contains a description of the bridge crossing of the Togliatti-Odessa ammonia pipeline across the Dnieper River.

The project has a literary search for bridge crossings, similar in structure to the Dnieper crossing, to review different bridge crossing solutions and identify the contours of bridges that require residual strength, similar, bridge crossings.

The calculation of deformations, stresses across the Dnieper River from the effects of wind loads (using a 3D model) allows to conclude the condition of the bridge during the operation of forty years.

An analysis of these calculations revealed the weakness of the bridge connection.

According to the results of work on the master's thesis, the thesis was published.

The Master's project also meets the requirements of labor protection.

Keywords: AMIAKOPROVID, BRIDGE TRANSITION, MATERIAL.

**Пояснювальна записка
до магістерської дисертації
на тему:**

**«Визначення місця встановлення датчиків системи інформаційної
підтримки життєвого циклу аміакопроводу»**

Київ 2019

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

Площа скінченного елемента, м ²	A^i
Коваріантні компоненти тензора деформацій	e_{ij}
Компоненти тензора фізико механічних характеристик	C^{ijkl}
Температурні деформації	e_{kl}^T
Тензор напружень, Па	σ^{ij}
Тензор деформацій	e_{rp}^m l
Кількість циклів навантаження	N
Модуль Юнга, Па	E
Матриця жорсткості СЕ	$[F]^\vartheta$
Вектор навантажень, Н	$\{f_m^{i'}\}$
Функції приведення	F_S^i
Радіус-вектор точки К після деформації	\bar{R}
Коефіцієнт запасу	n
Поле накопичених напружень в СЕ, Па	σ_l
Максимальне значення напруження, Па	σ_{\max}
Інтенсивність виділення енергії, Па·м	G

Коваріантні компоненти метричного тензора	g_{ij}
Коефіцієнти матриці жорсткості ізопараметричного скінченного елемента	$\tilde{G}_{fsrt}^{t'p'}$
Метричний тензор деформованого тіла	G_{ij}
Поле вузлових узагальнених навантажень, що прикладаються до конструкції, Н	P_n
Поле вузлових нев'язок, Н	r_n
Приріст навантаження, Н	ΔP
Реакція у вузлі, Н	R_i^P
Еквівалентне напруження, Па	ν
Коефіцієнт Пуассона	$\bar{\sigma}$
Межа текучості при розрахунковій температурі, Па	$R_{p0.2}^T$
Радіус-вектор	\vec{r}
Вектор переміщень, м	\vec{u}
Коефіцієнт температурного розширення, 1/°C	a_{kl}
Приріст температури, °C	ΔT
Об'єм, м ³	V
Компоненти градієнта переміщень, м/м	ξ_{mn}

Основні скорочення

Автоматизована система міцнісних розрахунків оболонкових і комбінованих систем	АПРОКС
Проблемно-орієнтований оператор	ПОО
Матриця жорсткості СЕ	МЖ
Ітераційно-аналітична теорія оболонок	ІАТО
Проблемно-орієнтована мова	ПОМ
Моментна схема скінчених елементів	МССЕ
Метод скінчених елементів	МСЕ
Проблемно-орієнтований оператор	ПОО
Проблемно-орієнтована мова	ПОМ
Скінчений елемент	СЕ

ЗМІСТ

Вступ.....	13
1. Призначення та галузь застосування	14
2. Технічні характеристики базової конструкції.....	16
3. Літературний огляд стану питання	18
4. Опис базової конструкції, її основних частин	21
5. Охорона праці.....	27
5.1. Загальні вимоги безпечної роботи з магістральним аміакопроводом.....	29
5.2 Вимоги до безпечної експлуатації лінійної частини.....	30
магістрального аміакопроводу.....	30
5.3 Вимоги до безпечної експлуатації електроустановок.....	33
5.4. Пожежна безпека.....	35
ВИСНОВКИ.....	38

Вступ

Аміак (NH_3) - одна з найбільш широко використовуваних промислових хімікатів, що застосовуються в промисловості та комерції. Це один з найважливіших продуктів сучасної хімічної промисловості. Основне його застосування - виробництво азотних кислот та азотних добрив. Крім того, аміак використовується для виробництва багатьох інших хімічних продуктів.

Ця речовина виробляється щорічно у величезних кількостях - понад 100 мільйонів тонн. Фізичні та хімічні властивості аміаку визначають його використання в різних галузях промисловості, найбільш використовуваних у хімічній промисловості.

Аміак - безбарвний газ з характерним різким запахом. Це майже вдвічі легше повітря. Речовина отруйна. Високі концентрації та тривале потрапляння в організм людини можуть викликати набряки та пошкодження різних органів.

Хімічно, аміак досить активний, він взаємодіє з багатьма речовинами. Наприклад, реакція безводного аміаку з азотною кислотою на практиці дозволяє отримати аміачну селітру, що використовується для виробництва добрив. Аміак - відновник. Він здатний відновлювати різні метали з їх оксидів. Реакція взаємодії аміаку з оксидом міді дає можливість отримати азот.

Аміак вимагає особливої обережності при транспортуванні через небезпечність.

1. Призначення та галузь застосування

Незважаючи на VI клас небезпеки, до якого належить аміак, його застосовують у багатьох різних сферах. Близько 80% аміаку, що виробляється промисловістю, використовується в сільському господарстві як добриво. Аміак використовується також в холодильних установках, для очищення запасів води, у виробництві пластмас, вибухівки, текстилю, пестицидів, барвників та інших хімічних речовин. Наступні вироби виготовляються з аміаку:

- нашатирний спирт. Застосовується в медицині та в побуті. Ця речовина відрізняється плямами від одягу різного походження, а також нейтралізує кислоти.

- аміачні та аміачно-нітратні добрива (аміачна і нітратна селітра, сульфат амонію, хлорид амонію тощо). Ці добрива підходять для різних культур.

є розчинником. Аміак у рідкому стані може використовуватися як розчинник різних органічних та неорганічних речовин.

- сода. Існує аміачний спосіб приготування газованої золи. Аміак використовується для насичення сольовим розсолом. Цей метод активно використовується для промислового виробництва соди.

- азотна кислота. Для його виробництва використовують синтетичний аміак. На даний момент промислове виробництво цієї речовини базується на явищі синтезу синтетичного аміаку.

- вибухівку. Нітрат амонію нейтральний до механічної дії, але характеризується високими вибухонебезпечними властивостями в деяких умовах. Ось чому його використовують для виробництва таких речовин. Результат - амоніти - аміачні вибухові речовини.

- аміак - холодильна установка. Аміак використовується в холодильному режимі як холодоагент. Аміак не викликає парникового ефекту, він екологічний і дешевший, ніж фреони. Ці фактори обумовлюють використання цієї речовини в якості холодоагенту.

Оскільки аміак широко використовується у промисловості та становить загрозу навколишньому середовищу, важливо безпечно транспортувати його від виробника до споживача. Усім цим вимогам відповідає трубопровід. Оскільки при $-33,35^{\circ}\text{C}$ і нормальному тиску аміак зріджується в безбарвну рідину, а при $-77,75^{\circ}\text{C}$ замерзає, перетворюючись на безбарвну кристалічну масу, тому її зберігають і транспортують під тиском 6-7 атм. Трубопровідні перевезення займають перше місце серед інших великомасштабних перевезень на великій кількості та при правильному проектуванні є одним із найбезпечніших видів транспортування. Зазвичай трубопровід розташований під землею. Однак часто існують штучні та природні перешкоди у вигляді річок, каналів, водосховищ тощо, які економічно несприятливі для обходу трубопроводу. В цих умовах часто неможливо встановити підземні або підводні труби. Це призводить до необхідності будівництва повітряних трубопроводів, серед яких найпоширенішими є мостові переправи різних типів. Проектування та експлуатація таких мостових переїздів є дуже важливим завданням, оскільки провал мостового переходу призводить до забруднення на великих територіях.

2. Технічні характеристики базової конструкції

Мостовий перехід через був побудований для прокладення аміакопроводу Тольятті-Одеса через р. Дніпро і має основні показники:

маса металоконструкції - 805 т;

маса канатів -560 т;

маса механічних вузлів и деталей - 47 т;

загальна маса моста -1412 т;

висота пілонів – 87 м;

діаметр канатів головного кабелю – 71,5 мм;

діаметр канатів вітрових відтяжок – 71,5 мм;

габарити ферми жорсткості – 2,4х2,8 м;

довжина ферми жорсткості – 720 м;

підмостовий габарит – 13,5х640 м;

бетон і залізобетон в опорах – 4587 м³.

Бетонні та залізобетонні збірні елементи мають вагу, що не перевищує 15 тон. Марка бетону опор 200 і 300, морозостійкість 200. Бетон для опор гідротехнічний по ГОСТ 4795-68.

Марки сталей в конструкції моста:

Балка жорсткості:

09Г2С (пояса, труби Ø219) ;

сталь 20 (інші трубчасті елементи);

10Г2СД-12 (фасонки та фланці монтажних стиків).

Пілони:

14Г2-6 (стойки);

10Г2СІД12 (нижній та середній ригелі);

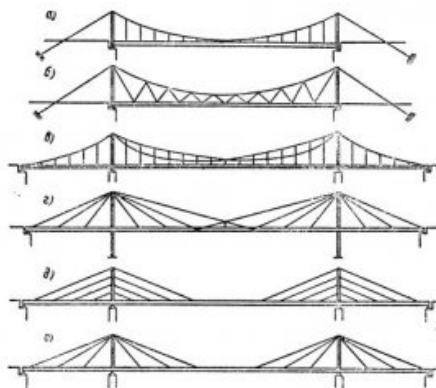
16Г2АФ-12 (верхній ригель).

3. Літературний огляд стану питання

Для обходу водних перешкод застосовуються повітряні трубопроводи, які поділяються на три основні типи: самонесучі (балка); підвісні та кабельні стяжки тощо; носії, в яких трубопроводи кріпляться до спеціальних конструкцій у вигляді мостів.

Підвісні та канатні мости становлять велику площу будівництва мостів. Вони є найбільш економічною конструкцією для перекриття великих рейсів. Однак навіть у набагато менших прольотах, які легко перекриваються звичайними конструкціями, підвісними та кабельними мостами, може бути раціональним через переважне використання високоміцної сталі, що залежить насамперед від вартості та ступеня дефіцитності сталевих канатів.

Останнім часом, поряд із звичайною однокабельною підвісною системою з вертикальними підвісками, різні підвісні та кабельні системи підвищеної жорсткості, представлені на рис. 3.1, з покращеною аеродинамічною стабільністю та хорошими економічними показниками. Для підвищення бічної жорсткості та стійкості іноді застосовують горизонтальні попередньо напружені сталеві мотузки.



а) - кріплення кабелю до променя жорсткості; б) - із похилими підвісками;
в) - подвійний; г) - подвійний навісний кабель; д) - паралельно-кабельний; е) -
радіальний кабель

Рис.3.1 Висячі и вантові системи підвищеної жорсткості

В даний час існує велика кількість підвісних мостів, які активно використовуються. На малюнках 3.2 - 3.3 показані фотографії трьох різних підвісних мостів та переходів трубопроводів.

Міст Золоті Ворота (рис. 3.2) - підвісний міст через протоку Золоті Ворота. Довжина мосту - 1970 метрів, довжина основного прольоту - 1280, висота опор - 230 метрів над водою. Це 67 метрів від проїжджої частини до водної поверхні. 7,6 мм сталеві решітчасті ферми підтримуються двома паралельними дротами діаметром 92,7 см. (Кабель складається з 61 ланцюга, кожна нитка складається з 450 проводів.



Рис.3.2 – міст Золоті ворота

На рисунку 3.3 зображено трубопровід, що перетинає річку Ельба в Чехії з односхилою системою підвісу та довжиною прольоту 186 м.



Рис.3.3 Висячий трубопровід через р. Ельба біля м. Усті-над-Лабем в Чехії

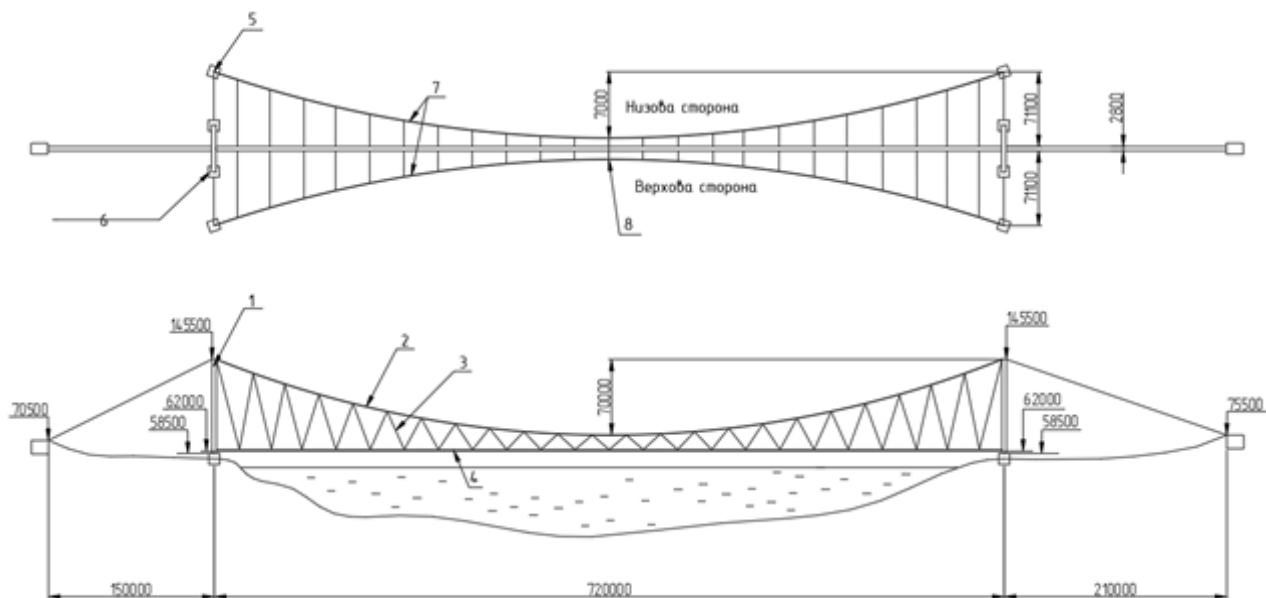
Їх недоліком є необхідність огляду об'єктів для визначення стану та необхідності ремонту. Для усунення цього потрібно слідкувати за всіма навантаженнями, які діють на об'єкт, включають:

- температурне навантаження;
- вітрові навантаження;
- навантаження на масу елементів і виробу;

Тому виникає потреба у виконанні складних статистичних обчислень з урахуванням геометричної та фізичної нелінійності та вивчення поведінки трубопроводів великого прольоту під впливом динамічних навантажень.

4. Опис базової конструкції, її основних частин

На рис.4.1 зображено мостовий перехід через р. Дніпро.



1. Пілон; 2. Кабель; 3. Похила підвіска; 4. Балка жорсткості;
5. Залізобетонна опора пояса вітрової ферми; 6. Залізобетонна опора пілона;
7. Вітровий пояс; 8. Нерухома опора поясів вітрової.

Рис.4.1. Загальний вид

Підвісний міст призначений для проходження аміачного трубопроводу (труба Ø360x12) в захисний кожух (труба Ø530x8) і розташований у південному руслі Дніпра. Ширина річки становить 630 м і вкрита єдиним висячим прольотом, без проміжних опор, довжиною 720 м. Для цієї структури застосовуються наступні:

- дві підвісні вертикальні крокви з прольотом 720 м, що складаються з несучих кабелів, брекетів (косою підвіски) та балки решітки (рис. 4.2);
- два прибережні пілони (рис.4.3)

- двозонна горизонтальна система вітру, що складається з поясів і горизонтальних креслень.

Пілони - це металеві рами з А-подібними нахилами в поперечному напрямку. Монтажні з'єднання стовпів і стовпів виконані на високоміцних болтах М24.

Вертикальні підвісні ферми та горизонтальні вітроелектростанції об'єднуються в просторову систему похилими відволіканнями, балками жорсткості та поперечними перерізами (у 4 секції по довжині мосту) поперечними зв'язками та натягами від елементів мотузки (рис.4.4, рис. 4.6)

З'єднання опор з бетонною опорою є жорстким. Опорні опори, опорні опори ременів вітросистеми та кабель живлення несучої (затримки берегової лінії) залізобетонні. У структурному відношенні опори мосту поділяються на три групи:

- опорні опори для основного малюнка: дві опори зліва та справа берег;
- опори пілонів: дві опори на лівому та правому берегах;
- Підтримка вітрового скла: дві опори на лівому та правому берегах.



Рис.4.2. Загальний вигляд моста



Рис.4.3. Пілон. Кабелі та похилі підвіски висячих ферм

Опори під пілонами моста є окремими під кожен ногу. Кожна опора складається з монолітної залізобетонної плити, збірного монолітного опорного корпусу та монолітної залізобетонної головки плити перекриття.

Позначення верху плит підрамника для всіх опор однакове. Висота корпусу опор на лівому і правому берегах різна. Плити основи опор підтримуються суцільними гранітами. Опори для пілонів розраховуються без урахування кладки в граніт і приймають розрахункові зусилля за рахунок ваги і сил тертя бетону щодо граніту.

Підвісні ферми з трикутною сіткою поділяються на 24 панелі по 30 м кожна. Висота ферми в середині прольоту - 8,1 м, пілона - 84,1 м. Відстань між господарствами - 2,8 м.

Вузлові з'єднання опорного кабелю з похилою підвіскою виготовляються за допомогою 2-х деталей, обтискних канатів, з'єднаних затискачами

високоміцних болтів. До затискних деталей кріпляться оснастки (рис.4.7). Балки жорсткості підвіски закріплені за допомогою гвинтових стяжок.

Анкерні кріплення ременів вітросистеми та опорна опора силового кабелю на правому березі - гравітаційний тип, опора якоря силового кабелю на лівому березі - скельний якор, що використовує опору скелі.

Одне пасмо аміачного трубопроводу (труба $\varnothing 355,6 \times 12,7$) прокладено через міст в захисному кожусі (труба $\varnothing 530 \times 8$), який спирається на промінь жорсткості через тороїдальні валики.

Морські компенсаторні канали розташовані на правому та лівому берегах Дніпра та призначені для виявлення зміщень від температурних деформацій магістрального аміачного трубопроводу, який розташований у залізобетонних каналах. Трубопровід аміаку в каналі спирається на розсувні опори, які приварені до закладних опорних подушок.

Верхній пояс кожної підвісної ферми (троса) складається з 6 основних мотузок діаметром 71,5 мм та однієї віддаленої мотузки. Кабелі опираються на сідлові пілони і рухаються в берегову смугу.

Промінь жорсткості - це просторова решітчаста структура, що складається з 2 вертикальних ферм, верхні пояси яких з'єднані крапкою ферми, та системи поперечних і поздовжніх балок на рівні нижніх ферм вертикальних ферм (рис. 4.5) . Поздовжній профіль бруса жорсткості виконаний на гладкій кривій з будівельним підйомом. Тороїдальні опори валиків встановлюються на рівні нижнього пояса на поперечних балках кожні 12 м. Вони підтримуються трубчастим кожухом діаметром 530 мм, який містить аміачний трубопровід. Пояс вітрової системи підключається до ферм спеціальними кріпленнями (рис.4.6).

Кронштейни (похилі підвіски) підвісних ферм виготовлені з одного канату діаметром 39,5 мм. Фіксатори балки жорсткості закінчуються гвинтовими муфтами для регулювання натягу похилих підвісок.

Канали мають напівпроникну висоту 1,5 м, ширину 2,1 м і розташовані над землею. На початку і в кінці компенсаторів передбачені люки-лози. Для можливості природної вентиляції в люках встановлюються дефлектори. Канали виготовлені зі збірних бетонних лотків індивідуального виготовлення в опалубці за аналогією лотків серії ІС 01-04. У місцях обертання збірних елементів каналів прибережні компенсатори вирішуються за збірно-монолітним варіантом: монолітні секції дна та стінок з бетону класу С12 / 15 (В15), робиться покриття монолітних секцій збірних залізобетонних плит (серія ІС-01-04, випуск 2).



Рис.4.4. Похилі підвіски
і балка жорсткості



Рис.4.5. Загальний вид
балки жорсткості



Рис.4.6. Пояс вітрової ферми і середній вузол кріплення пояса до балки жорсткості



Рис.4.7. Вузол кріплення похилих підвісок до основного кабелю

5. Охорона праці

Аміак - небезпечна речовина VI класу небезпеки, тому в процесі транспортування та дозування необхідно звертати увагу на установки високої та низької температури, які працюють під тиском. Тому потрібно строго дотримуватися встановленого режиму, постійно контролювати роботу обладнання, на предмет безпеки.

Цей розділ розрахований на дипломний проект на тему: "Оцінка залишкової міцності аміачного трубопроводу через р. Дніпро від температурних навантажень". Під час проектування були розроблені заходи щодо забезпечення безпеки персоналу під час експлуатаційних та ремонтних робіт трубопроводу аміаку відповідно до Державних актів [17], які забезпечують виконання Закону України «Про охорону праці».

Основний аміачний трубопровід, який транспортує рідкий аміак у кількості, що дорівнює або перевищує нормативно встановлені порогові маси, відводиться об'єктам високого ризику відповідно до порядку ідентифікації та обліку об'єктів підвищеного ризику. Роботи з високою небезпекою включають пожежу, газ, землю, роботи в електроустановках, навантажувально-розвантажувальні роботи та роботи на висоті. Періодично повторювані роботи високого ризику, які є невід'ємною частиною технологічного процесу транспортування рідкого аміаку трубопроводом, характеризуються подібними умовами, характер робіт, певний склад виконавців дозволяється проводити без реєстрації дозвіл. Роблячи це, підрядники повинні виконувати вимоги безпеки, передбачені чинними нормами охорони праці.

До таких робіт належать:

- роботи, пов'язані з технологічним процесом зливання рідкого аміаку в резервуари, резервуари та інші контейнери;

- осушення нафтопродуктів (палива тощо) з цистерн, контейнерів та інших контейнерів;
- обслуговування (огляди, профілактичний ремонт) технологічного обладнання трубопроводів аміаку та його інженерних комунікацій;
- обслуговування технологічного обладнання аміачного трубопроводу та його інженерних комунікацій;
- обслуговування акумуляторних батарей;
- зберігання та використання азоту та аміаку;
- управління транспортним та самохідним обладнанням;
- обробка металів;
- ряд інших небезпечних робіт.

Захисні окуляри, захисні окуляри, гумові рукавички, хімічно стійкий одяг, маски та фільтруючі респіратори

До перехідних робіт дозволено:

☐ пройшли інструктаж та навчання безпечним методам складання іспитів на допуск до самостійної роботи;

☐ вміють користуватися засобами індивідуального захисту;

Відповідно забезпечені спеціальністю або посадою зі спеціальним одягом, спеціальним взуттям та перевіреними засобами індивідуального захисту (шоломи безпеки, дволанцюговий ремінь безпеки, протигаз KD, захисні окуляри, рятувальний жилет тощо);

☐ здатні надати першу допомогу потерпілому;

☐ знати призначення первинних вогнегасників та правил пожежогасіння;

☐ знати властивості аміаку, характер його дії на організм

5.1. Загальні вимоги безпечної роботи з магістральним аміакопроводом

Під час небезпечних робіт, які виконуються за погодженням дозволу, необхідно призначити особу, відповідальну за підготовку та проведення цих робіт.

Особа, відповідальна за підготовку робіт, зобов'язана: організовувати розробку та реалізацію повних заходів щодо підготовки робочого місця (обладнання) до безпечної праці; контролювати виконання підготовчих робіт; перевірити повноту та якість підготовчих робіт.

Підрядники з високим рівнем ризику зобов'язані:

- отримувати вказівки щодо безпечної роботи та записатися в наряд;
- ознайомитись з обсягом робіт;
- розпочинати роботу лише за вказівкою особи,
- відповідальний за проведення робіт з високим ризиком;
- виконувати лише ті роботи, які вказані у торговій точці
- дотримання заходів безпеки;
- вміти користуватися засобами індивідуального захисту;
- після роботи ретельно огляньте робоче місце за призначенням
- виявлення порушень, які можуть призвести до пожежі,
- травми або надзвичайні ситуації;
- подбайте про свою безпеку та безпеку при виконанні робіт
- здоров'я, а також безпеку та здоров'я інших.

Особи, яким виповнилося 18 років, мають відповідну професійну кваліфікацію, не мають медичних протипоказань до виконання цих робіт, пройшли інструктаж, навчання та апробацію з охорони праці.

5.2 Вимоги до безпечної експлуатації лінійної частини магістрального аміакопроводу

Експлуатація лінійної частини магістрального аміачного трубопроводу (далі - МКМ) повинна здійснюватися відповідно до вимог правил та правил охорони праці, санітарії, пожежної безпеки, а також з урахуванням вимог цього підрозділу.

Безпека експлуатації СНЛМ повинна забезпечуватися:

а) дотримання правил технологічного регламенту транспортування рідкого аміаку трубопроводом через територію України;

б) контроль технічного стану об'єктів СНЛМ (зворотні клапани, переходи через водні перешкоди, мостові переходи, переходи через автошляхи та залізниці, лінії електропередачі тощо) лінійними вкладишами, візуальним оглядом та технічними засобами;

в) виконання планових ремонтно-профілактичних робіт та своєчасна заміна застарілого та пошкодженого обладнання;

г) систематичний контроль охоронної зони об'єктів КХЛ з метою:

Ного своєчасне виявлення витoku та пошкодження аміаку;

☐ перевірити наявність маркування маршрутної розмітки;

☐ виявлення фактів виконання несанкціонованих робіт іншими підприємствами.

Для забезпечення безпечного режиму роботи магістрального аміачного трубопроводу (під час транспортування, під час аріїв або на запланованих зупинках) повинна бути передбачена система управління технологічним

процесом транспортування аміаку на основі електронних засобів управління, включаючи комп'ютерні засоби.

З метою відключення аварійних ділянок МСМЗ у разі їх розгерметизації з метою зменшення екологічних наслідків аварій передбачена система захисту від аварійних ситуацій.

Відключення пошкоджених ділянок здійснюється автоматичним закриттям кульових клапанів на ділянках секцій під тиском рідкого аміаку нижче значення, передбаченого проектною документацією.

Усі секції секціонування повинні мати обхідну (обхідну) лінію з відсіченими дренажними, контрольно-вимірювальними пристроями, пристосування для скидання аміаку на пальник.

Віддалене керування пунктами розділення повинно здійснюватися за допомогою основного та резервного процесорів.

Лінійний та оперативний персонал CHLM зобов'язаний:

а) контролювати технічний стан наземних споруд та підрозділів, доступних для зовнішніх оглядів (GPS, АТР, клапани, споруди ЕСН, лінії електропередачі, кабельні переходи через водні перешкоди тощо);

б) контролювати стан ґрунту над та під магістральним аміачним трубопроводом та телекомунікаційним кабелем;

в) перевірити фактичний тиск аміаку манометром для виявлення витoku аміаку з магістрального аміачного трубопроводу та азоту;

г) контролювати наявність маркування маршруту магістрального аміачного трубопроводу (попередження, інформація та інше).

д) на водних переїздах для усунення промивань, ерозії, зсувів та підтримання в належному стані берегової охорони, споруд із захисту від льоду тощо;

д) контролювати стан упаковки пломб та лотків компенсаторів водних переходів.

Для запобігання нещасних випадків, пожеж, отруєнь та аварій під час експлуатації аміачного трубопроводу необхідно дотримуватися правил технологічного режиму, передбачених правилами транспортування аміаку по магістральному трубопроводі та інструкціями щодо безпеки на виробництві:

- ☐ перебувати на робочому місці в спеціальному одязі, спеціальному взутті та інших засобах індивідуального захисту (окулярах, фільтруючих протигазах марки KD, рукавичках тощо)

- ☐ застосування яких передбачено нормативно-правовими актами;
- ☐ підтримувати рухомі частини та механізми у справному стані;
- ☐ контролювати герметичність усіх з'єднань трубопроводів та обладнання;

О перевірити зону захисту трубопроводу аміаком для своєчасного виявлення запаху аміаку чи рідкого аміаку на поверхні землі, перевірити стан споруд на маршруті (насипи, канави, ділянки землі, яри, підходи до підводних переїздів). Якщо на магістральному трубопроводі аміаку є витік, який можна виявити за запахом, необхідно повідомити про це диспетчерського оператора підприємства;

Ти дозволяти працювати на трубопроводах, обладнаних усією необхідною, передбаченою проектною документацією, контрольно-вимірювальними пристроями, сигналізаціями;

Кувати для моніторингу стану трубопроводів;

- ☐ запобіжні клапани повинні бути в порядку, перевірені та опечатані, мати паспорти та сертифікати;

- ☐ забезпечити належне заземлення обладнання та комунікацій;

Вати для забезпечення безперебійної подачі на об'єкти лінійної частини аміачного трубопроводу азоту, електроенергії.

Усі підземні трубопроводи, наземні трубопроводи та металеві конструкції магістрального аміачного трубопроводу повинні бути захищені від корозії

(грунтові, атмосферні та блукаючі течії). Ізоляційні покриття для захисту від корозії повинні відповідати вимогам проектної документації.

Система електрохімічного продукту доповнює захищене ізоляційне покриття трубопроводу для швидкого надійного використання головного аміачного трубопроводу від корозії на його рівні.

- Для надійної корозійної надійності під час експлуатації магістрального аміачного трубопроводу необхідно:
- ☐ Залиште потенціал «земля-земля»;
- ☐ підтримувати репутацію електроенергії;
- Перевірте цілісність ізоляції аміачного трубопроводу.

5.3 Вимоги до безпечної експлуатації електроустановок

Експлуатація електроустановок магістрального аміачного трубопроводу повинна здійснюватися відповідно до вимог.

Режим роботи електроустановок повинен забезпечувати безперебійну роботу системи управління технологічним процесом транспортування рідкого аміаку та безперебійну зупинку магістрального аміачного трубопроводу у разі зниження напруги у зовнішній мережі.

Основними розділами секціонування є споживачі першої категорії, від яких вони виділяють особливу групу електричних приймачів першої категорії (об'єкти телекомунікацій та телемеханіки).

Ємність акумуляторних батарей для живлення приймачів на головних постах секціонування у разі відключення резервного та основних джерел живлення повинна забезпечувати режим управління секцією аміачного трубопроводу протягом 4 годин .

Ремонт та обслуговування електрообладнання трансформаторних підстанцій та електричних мереж дозволяється виконувати особам, які знають експлуатаційні схеми та мають відповідну команду з електробезпеки, а також пройшли знання вимог нормативних документів.

Електрообладнання повинно відповідати класу вибухонебезпечної зони, в якій воно встановлено, а також категорії та групі вибухонебезпечної суміші.

Для кожного вибухонебезпечного об'єкта відповідальні служби повинні скласти план управління аварійними ситуаціями щодо електричної системи об'єкта.

Під час експлуатації електрообладнання не дозволяється:

- ремонт мереж, що експлуатуються від електромережі та електрообладнання;
- експлуатувати несправне електрообладнання;
- увімкнути автоматично відключену електроустановку без пояснення причин її вимкнення;
- навантажувальне вибухобезпечне електрообладнання, дроти та кабелі вище регульованих стандартів;
- залишати відкритими двері кімнат та тамбурів, що відокремлюють вибухонебезпечні зони від інших приміщень;
- замінити вибухонебезпечні електричні світильники у вибухозахищених лампах лампами іншого типу або лампами вищої потужності, ніж ті, для яких призначені світильники;
- вмикати електроустановки без пристроїв, які відключають захисний електричний ланцюг у ненормальних режимах;

- залишити електрообладнання в роботі з висотою шару масла нижче встановленого;

- експлуатувати кабелі із зовнішніми пошкодженнями кришки та сталевих труб електропроводки;

- двері кімнат та тамбурів повинні бути вогнезахисними, самозамикаються та мати пломби.

Все електрообладнання та комунікації для магістралі аміаку повинні бути заземлені.

На дописи потрібно повісити попереджувальні плакати. Електричне освітлення приміщень та територій об'єктів магістрального аміачного трубопроводу повинно мати місцеве (за зонами обслуговування) та дистанційне вмикання від електричного модуля.

5.4. Пожежна безпека

Пожежна безпека під час ремонту та експлуатації магістральних аміачних трубопроводів повинна забезпечувати дотримання наступних вимог:

- дотримання правил безпечного проведення вогневих робіт;
- захист від атмосферної та статичної електрики та вторинних проявів блискавки;
- дотримання правил зберігання горючих і горючих матеріалів, балонів зі стисненими та зрідженими газами;
- оперативне очищення розливої горючих рідин;
- автоматичне включення вентиляції в батареях для видалення водню з приміщення;

- відсутність зазорів рідкої пропан-бутанової суміші та аміаку через арматуру та фланцеві з'єднання;
- наявність пожежної сигналізації;
- забезпечення первинними вогнегасниками тощо.

На території в конструкціях магістрального аміачного трубопроводу та будівель повинен бути встановлений протипожежний режим, відповідний категорії їх пожежної небезпеки.

Пожежний режим та розробка положень про пожежну безпеку на підприємстві повинні встановлюватися роботодавцем відповідно до правил пожежної безпеки

Усі працівники повинні бути ознайомлені з вимогами щодо забезпечення режиму пожежогасіння на інструктажах.

Працівники підприємств, які виконують ремонтні роботи на спорудах аміачного трубопроводу на договірних засадах, повинні дотримуватися протипожежного режиму.

Роботодавець визначає обов'язки працівників із забезпечення пожежної безпеки, призначає осіб, відповідальних за пожежну безпеку окремих споруд, будівель, приміщень та інших споруд аміачного трубопроводу, за технічне обслуговування та експлуатацію засобів протипожежного захисту.

Територія РС, НА, КРБ та інших об'єктів трубопроводу аміаку повинна систематично очищатися від виробничих відходів та утримуватися в чистоті. Сміття, паливо та мастила, металобрухт, матеріали слід зберігати у визначених місцях.

Усі конструкції та будівлі трубопроводів аміаку повинні бути доступними. Підходи, входи, до будинків та пожежних цистерн, а також доступ до первинних вогнегасників та пожежних гідрантів завжди повинні бути безкоштовними.

Площа пожежних проміжків між будівлями не повинна використовуватися для зберігання контейнерів, матеріалів та стоянки транспортних засобів.

Не дозволяється залишати легкозаймисті рідини та легкозаймисті ємності, а також балони зрідженого та стисненого газу, генератори ацетилену із залишком карбіду кальцію у відкритих приміщеннях.

Знаки, що забороняють використовувати відкритий вогонь, розміщуються на території розподільних та насосних станцій, на вибухонебезпечних та вогнезахисних спорудах та в приміщеннях магістрального аміачного трубопроводу відповідно до державного стандарту.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломного проекту на тему «Оцінка довговічності аміакопроводу через р. Дніпро від дії сезонної зміни температур» отримані наступні результати:

1. Розглянуто галузі застосування аміаку і проблеми його транспортування.
2. Розглянуто технічні характеристики мостового переходу аміакопроводу через р. Дніпро.
3. Проведено літературний пошук, в результаті якого розглянуто схожі мостові переходи і проаналізував проблеми мостових переходів схожих за конструкцією до мостового переходу аміакопроводу Тольятті-Одеса через р. Дніпро.
4. Описано конструкцію мостової частини аміакопроводу Тольятті-Одеса через р. Дніпро.
5. Проаналізував потрібні вимоги і застереження при проведенні робіт на даному мостовому переході та розроблено заходи з охорони праці.

Математична модель
до магістерської дисертації
на тему:
«Визначення місця встановлення датчиків системи інформаційної
підтримки життєвого циклу аміакопроводу»

Київ 2019

Зміст

1. Обґрунтування використання моментної схеми скінчених елементів.....	41
2. Основні співвідношення для тривимірного восьмивузлового багатошарового скінченного елемента.....	43
3. Опис програмного забезпечення	51
ВИСНОВКИ.....	53

1. Обґрунтування використання моментної схеми скінчених елементів

Сьогодні існує безліч числових методів вирішення нелінійних та лінійних задач, розроблених для опису напружено-деформованого стану фізичних процесів і структур, що відбуваються в них, для оцінки їх стійкості ресурсу роботи. Однак на даний момент у більшості інженерів усіх спеціальностей зростає прихильність до методу кінцевих елементів, як гнучких, так і універсальних. Нині метод кінцевих елементів став основним інструментом обчислення та дослідження, що дозволяє вирішувати різні інженерні та наукові проблеми людського життя.

Перевагами методу кінцевих елементів у порівнянні з іншими чисельними методами є можливість поєднання декількох матеріалів для визначення його напружено-деформованого стану в межах одного фізичного тіла, велика дискретизація сітки кінцевих елементів в області концентраторів, проста і природний опис граничних умов різних видів. Ще одна основна перевага МСЕ - це можливість встановлювати для кожного дискретного піддомену (кінцевий елемент) свої закони, що описують взаємозв'язок переміщень та сил у вузлах, що дозволяє поєднувати кінцеві елементи різних типів (оболонки та тривимірні, сингулярні ізопараметричні тощо), що в свою чергу підвищує ефективність методу в цілому.

В даний час при розробці обладнання хімічної промисловості (включаючи трубопроводи часто використовують багатошарові конструкції. При цьому сусідні шари можуть істотно відрізнятися не тільки товщиною, але і фізико-механічними характеристиками. Тому при вирішенні довговічності об'єктів хімічна техніка повинна бути уважно ставляться до вибору ефективного кінцевого елемента.

Через те, що окремі шари багатошарових структур можуть бути досить тонкими, виникає проблема з великим співвідношенням кінцевих розмірів елементів за товщиною та за планом. Це може спричинити погану обумовленість в матриці жорсткості.

Вирішення цієї проблеми із застосуванням класичного тривимірного СЕ не завжди дає задовільні результати, оскільки воно має значно згустити сітку кінцевих елементів. Це збільшує розмір матриці жорсткості і, отже, збільшує рівняння сольватації. Зважаючи на те, що обладнання для хімічного виробництва зазвичай має масштабну структуру, їх розрахунок з використанням великої кількості малих СЕ може не тільки значно збільшити час чисельних

досліджень, але й стати невідповідним завданням у межах наявної обчислювальної потужності.

Вищезазначені проблеми можна вирішити, застосувавши схему кінцевих елементів (ITU), яку запропонував О.С. Сахаров [?].

Порівняно з класичною версією МСЕ в МСЕ, коли тіло зміщене у вигляді жорсткого цілого, виконується умова рівності нульової деформації для будь-яких розмірів СЕ. У МСА деформації представлені строго залежно від порядку наближення функцій переміщення. Це дає можливість нехтувати компонентами деформації, викликаними зміщенням жорсткого корпусу.

Ефективність МСЕ була підтверджена вирішенням широкого кола проблем, демонструючи при цьому високий рівень конвергенції та швидкість обчислень.

2. Основні співвідношення для тривимірного восьмивузлового багат шарового скінченного елемента

Для підтвердження ефективності схеми імпульсу кінцевих елементів розглянемо її основні співвідношення для восьмивузлового багат шарового СЕ.

Покажемо цьому СЕ, якому задається локальна система координат x_i (рис. 2.1), а сторони дорівнюють двом одиницям довжини. Початок локальної системи координат збігається з центром ваги СЕ. У цьому випадку осі x_1 і x_2 спрямовані уздовж сторін СЕ, а вісь x_3 нормальна до його поверхні.

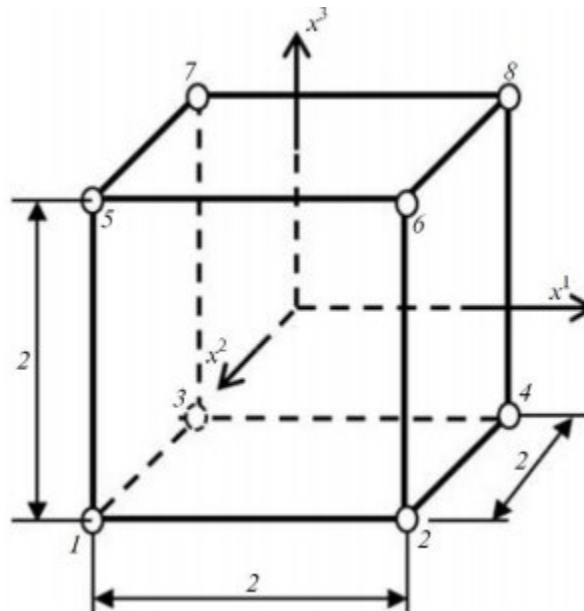


Рис. 2.1. Місцева система координат восьмивузлового багат шарового СЕ

Функція наближення координат задається у вигляді стандартного восьмивузлового кінцевого елемента:

$$x^r = \frac{1}{4} \sum_{t=1}^8 x^{r(t)} \prod_{r=1}^3 (1 + P_r x^r), \quad (2.1)$$

де $x^{r(t)}$ - декартові координати t -го вузла СЕ,

$$\begin{aligned} \{P_{1t}\}^T &= \{-1 \ 1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1\}; \\ \{P_{2t}\}^T &= \{-1 \ -1 \ 1 \ 1 \ -1 \ -1 \ 1 \ 1\}; \\ \{P_{3t}\}^T &= \{-1 \ -1 \ -1 \ -1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1\}. \end{aligned} \quad (2.2)$$

Ми приймаємо компоненти вектора переміщення як узагальнені невідомі

$u_r^{(1)}, u_r^{(2)}, u_r^{(3)}, \dots, u_r^{(8)}$. Тоді закон розподілу компонентів вектора переміщень всередині СЕ набуває вигляду:

$$u_i = \frac{1}{8} \sum_{t=1}^8 u_i^{(t)} \prod_{r=1}^3 (1 + P_{rt} x^r). \quad (2.3)$$

Відповідно до виразу (2.3), ми визначаємо загальну функцію розподілу компонентів вектора переміщення по грані $\alpha\beta$ в локальній системі нумерації. Потім після завершення елементарних перетворень ми отримуємо:

$$\begin{aligned} u_i^{\alpha\beta} = & \frac{1}{8} \left[(u_i^{(\beta)} + u_i^{(\alpha)}) + (P_{1\beta} u_i^{(\beta)} + P_{1\alpha} u_i^{(\alpha)}) x^1 + \right. \\ & + (P_{2\beta} u_i^{(\beta)} + P_{2\alpha} u_i^{(\alpha)}) x^2 + (P_{3\beta} u_i^{(\beta)} + P_{3\alpha} u_i^{(\alpha)}) x^3 \\ & + (P_{1\beta} P_{2\beta} u_i^{(\beta)} + P_{1\alpha} P_{2\alpha} u_i^{(\alpha)}) x^1 x^2 + \\ & + (P_{1\beta} P_{3\beta} u_i^{(\beta)} + P_{1\alpha} P_{3\alpha} u_i^{(\alpha)}) x^1 x^3 + \\ & + (P_{2\beta} P_{3\beta} u_i^{(\beta)} + P_{2\alpha} P_{3\alpha} u_i^{(\alpha)}) x^2 x^3 + \\ & \left. + (P_{1\beta} P_{2\beta} P_{3\beta} u_i^{(\beta)} + P_{1\alpha} P_{2\alpha} P_{3\alpha} u_i^{(\alpha)}) x^1 x^2 x^3 \right], \end{aligned} \quad (2.4)$$

де $\alpha = 1 \dots 4$; $-\beta = \alpha + 4$.

Коефіцієнти, що містять x^3 , визначають узагальнене переміщення між вузлами α та β , а інші коефіцієнти визначаються узагальненим середнім зміщенням вузлів α та β . На цій основі рівняння (2.4) можна записати як:

$$u_i^{\beta\alpha} = \frac{1}{4} \prod_{r=1}^3 (1 + S_{ra} x^r) (v_i^{\beta\alpha} + x^3 \gamma_i^{\beta\alpha}); \quad (2.5)$$

де $\alpha = 1 \dots 4$; $\beta = \alpha + 4$;

$$\{S_{1a}\}^T = \{-1 \ 1 \ -1 \ 1\}; \quad (2.6)$$

$$\{S_{2a}\}^T = \{-1 \ -1 \ 1 \ 1\};$$

$$\gamma_i^{\beta\alpha} = \frac{(u_i^{(\beta)} - u_i^{(\alpha)})}{2} - \quad (2.7)$$

узагальнене середнє зміщення вузла α відносно вузла β ;

$$\gamma_i^{\beta\alpha} = \frac{(u_i^{(\beta)} - u_i^{(\alpha)})}{2} - \quad (2.8)$$

узагальнений середній зсув ($i' = 1,2$) або обтиснення ($i' = 3$) вузла α відносно вузла β .

Вираз (2.5) відповідає приведенню тривимірних рівнянь механіки деформованого твердого тіла до двовимірних співвідношень теорії оболонок у рамках теорії прямої лінії із врахуванням фактора лінійного обтиснення по товщині пакета шарів. Однак використання (2.5) не дає можливості аналізувати неоднорідний зсув, який виникає в процесі розшарування шарів пакета. Тому в працях [35,36] для дослідження процесів розшарування багатошарових оболонок у рамках ітераційно-аналітичної теорії вводяться додаткові узагальнені невідомі $f_i(x^3)$ і $\theta_i^{(i')}$, які характеризують неоднорідність розподілу деформацій поперечного зсуву й обтиснення по товщині пакета шарів, а саме:

$$u_i = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^8 (v_i^{(i')} + x^3 \gamma_i^{(i')} + f_i(x^3) \theta_i^{(i')}) \prod_{\alpha=1}^2 (1 + S_{\alpha i} x^\alpha), \quad (2.9)$$

де $\alpha = 1 - 4$; $\beta = \alpha + 4$.

Численні дослідження показали [10], що порівняно з функціями наближення вищого порядку вищевказаний тип наближення зменшує час обчислення, забезпечуючи необхідну точність. Доцільність використання гіпотези лиття (2.9) для опису зон стратифікації в багатошарових об'єктах підтверджується практичними дослідженнями напружено-деформованого стану багатошарових структур. Якщо компоненти вузлових векторів переміщень відповідають переміщенням, отриманим при вирішенні тривимірної задачі теорії пружності, необхідно доповнити закон поліпроксимації полілену новими компонентами. Ці компоненти повинні враховувати неоднорідність деформації зміщення зміщення.

Представимо компоненти вектора переміщень у вигляді:

$$u_i = \sum_{s=1}^8 F_s^i(x^3, t) v_i^s(x^1, x^2, t), \quad (2.10)$$

де v_i^s — компоненти узагальненого вектора переміщень поверхні приведення x^1, x^2 СЕ, визначені з розв'язання крайової задачі в рамках тривимірного оператора теорії пружності; F_s^i — функції приведення; t — час.

Для того, щоб вектор u описував дійсний деформований стан оболонки, необхідне виконання умови стаціонарності повної енергії системи.

Сформулюємо наступну варіаційну задачу: знайти такі функції v_i^s і F_s^i які забезпечать виконання варіаційного принципу Гамільтона — Остроградського, а саме:

$$\delta \int_{t_0}^{t_1} (W - K - A) dt = \delta_{V_s^i} \int_{t_0}^{t_1} (W - K - A) dt + \delta_{F_s^i} \int_{t_0}^{t_1} (W - K - A) dt = 0; \quad (2.11)$$

Тут позначення типу $\delta_{V_s^i}$ і $\delta_{F_s^i}$ означають, що варіювання функціонала проводиться по v_i^s або F_s^i відповідно.

Враховуючи (2.10) і умови незалежності варіацій δV_s^i і δF_s^i на підставі (2.11) запишемо інтеграли, для отримання системи рівнянь, яка розв'язується:

$$\begin{aligned} \int_{t_0}^{t_1} \left\{ \int_V A_j^r \left(v_i^s; \frac{\partial v_i^s}{\partial x^\alpha}; \frac{\partial^2 v_i^s}{\partial x^\alpha \partial x^\beta}; \ddot{v}_i^s; F_s^i; \frac{dF_s^i}{dx^3}; \frac{d^2 F_s^i}{(dx^3)^2}; \ddot{F}_s^i; \right) p_j^r \delta v_j^r dV \right\} dt &= 0; \\ \int_{t_0}^{t_1} \left\{ \int_V B_j^r \left(v_i^s; \frac{\partial v_i^s}{\partial x^\alpha}; \frac{\partial^2 v_i^s}{\partial x^\alpha \partial x^\beta}; \ddot{v}_i^s; F_s^i; \frac{dF_s^i}{dx^3}; \frac{d^2 F_s^i}{(dx^3)^2}; \ddot{F}_s^i; \right) p_j^r \delta v_j^r dV \right\} dt &= 0; \end{aligned} \quad (2.12)$$

Інтегралами для, що описують граничні умови записуються у вигляді:

$$\begin{aligned} \int_{t_0}^{t_1} \left\{ \int_S a_j^r \left(v_i^s; \frac{\partial v_i^s}{\partial x^\alpha}; F_s^i; \frac{dF_s^i}{dx^3}; \right) q_j^r \delta v_j^r dS \right\} dt &= 0; \\ \int_{t_0}^{t_1} \left\{ \int_S b_j^r \left(v_i^s; \frac{\partial v_i^s}{\partial x^\alpha}; F_s^i; \frac{dF_s^i}{dx^3}; \right) q_j^r \delta F_j^r dS \right\} dt &= 0. \end{aligned} \quad (2.13)$$

Розв'язуючи системи рівнянь, отримані на основі (2.11) та (2.12), можна визначити як вектор узагальнених невідомих, так і фізично обґрунтованих функцій редукції, незалежно від процесів пластичної деформації чи руйнування в шарах. Краще розв'язати систему рівнянь (2.12) ітераційними методами. У цьому випадку послідовне вдосконалення компонентів відбувається за рахунок мінімізації неоператорського вектора оператора (2.11), що значно спрощує рішення. Якщо ввести додаткове наближення для компонентів вектора переміщення, то після елементарних перетворень можна впевнитись, що додаткові функції будуть пропорційними переміщенню або стисненню між

вузлами α і β кінцевого елемента.

Тоді наближення компонентів векторів переміщення записується у формі:

$$u_r = \frac{1}{8} \sum_{t=1}^8 u_r^{(t)} \prod_{r=1}^3 (1 + P_r x^r) + \frac{1}{4} \sum_{s=1}^4 a_r^{(s)} f_r^{(s)}(x^3) (u_r^{(s+4)} - u_r^{(s)}) \prod_{\alpha=1}^2 (1 + S_{\alpha s} x^\alpha); \quad (2.14)$$

Для просторових систем дослідження напруженого стану за допомогою ітеративно-аналітичної теорії рівнянь:

$$u_r^{(n)} = \frac{1}{8} \sum_{t=1}^8 u_r^{(t)(n)} \prod_{r=1}^3 (1 + P_r x^r) + \frac{1}{4} \sum_{s=1}^4 a_r^{(s)} f_r^{(s)(n-1)}(x^3, u_r^{(s)(n-1)}) (u_r^{(s+4)(n)} - u_r^{(s)(n)}) \times \prod_{\alpha=1}^2 (1 + S_{\alpha s} x^\alpha); f_r^{(s)(0)} = 0; \quad (2.15)$$

Для багат шарових просторових систем вираз (2.15) буде перетворений. При визначенні напружено-деформованого стану багат шарових просторових систем у рамках ітеративно-аналітичної теорії при ітерації n вираз (2.15) прийме вигляд:

$$u_r^{(n)} = \frac{1}{8} \sum_{t=1}^8 u_r^{(t)(n)} \prod_{r=1}^3 (1 + P_r x^r) + \frac{1}{4} \sum_{s=1}^4 a_r^{(s)} f_r^{(s)(n-1)}(x^3, u_r^{(s)(n-1)}, u_r^{(s)(n-1)}, u_r^{(s)(n-1)(m)\pm}) \times (u_r^{(s+4)(n)} - u_r^{(s)(n)}) \prod_{\alpha=1}^2 (1 + S_{\alpha s} x^\alpha); f_r^{(s)(0)} = 0, \quad (2.16)$$

Геометрична інтерпретація апроксимуючих функцій (2.14) (2.16) представлена на фіг.2.2, на фіг.2.3 на фіг.2.4 представлений випадок порушення контакту між сусідніми шарами через розшарування.

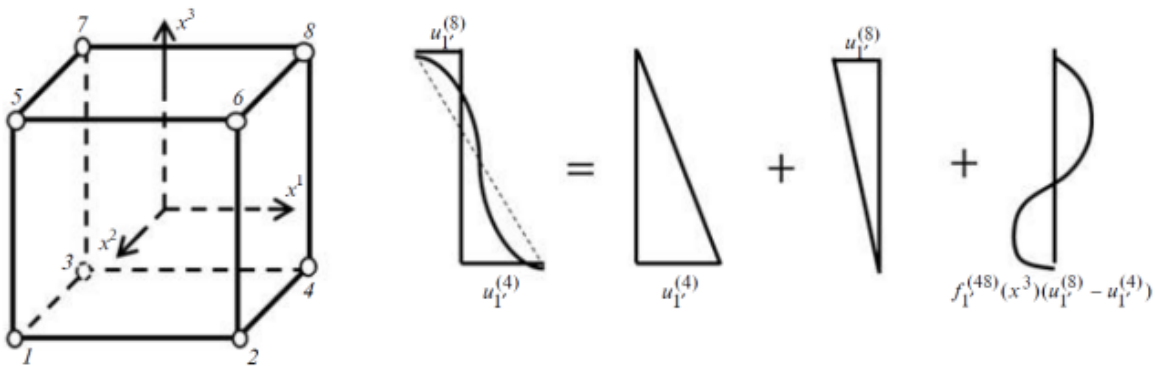


Рис. 2.2. Апроксимація компонентів вектора переміщень, однорідних за товщиною зазначеної восьмивузлової СЕ

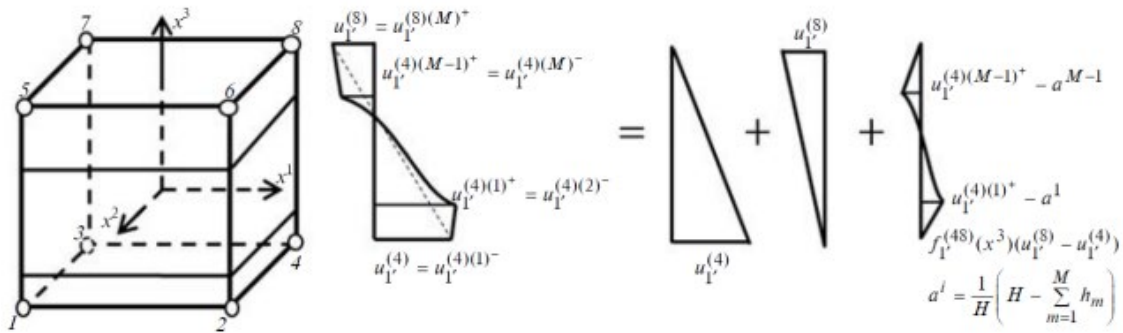


Рис. 2.3. Наближення компонентів вектора переміщення багатошарового очищеного восьмивузлового СЕ; mh - товщина m -го шару; H - загальна товщина шару

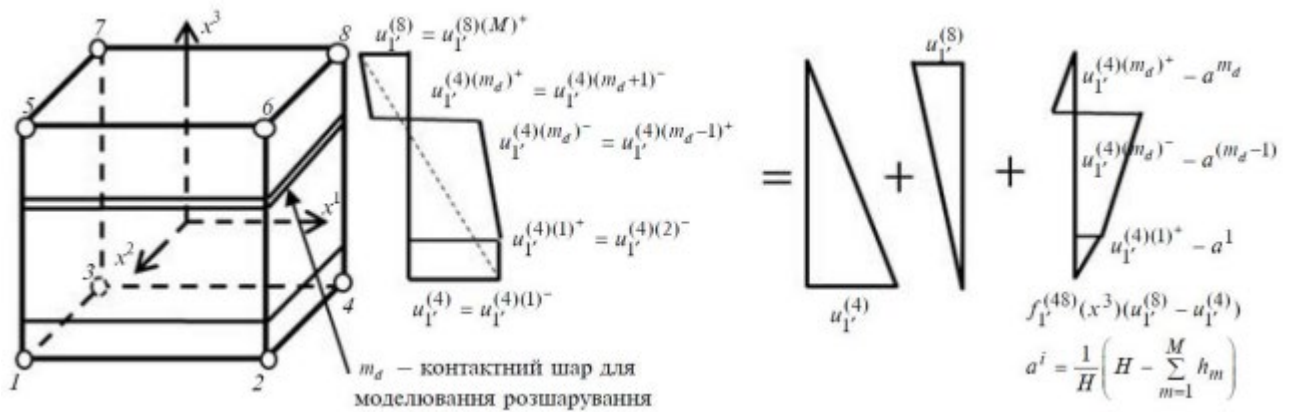


Рис. 2.4. Апроксимація компонентів вектора переміщень багатошарового очищеного восьмивузлового СЕ у випадку третя-відшарування; hm - товщина m -го шару; H - загальна товщина шару шару

Серед переваг подання компонентів вектора переміщення у вигляді (2.14) (2.16) є:

- з нулем наш кінцевий елемент перетворюється в стандартний восьмивузловий кінцевий елемент.
- завдяки впровадженню додаткових функцій можливо вивчити неоднорідність поперечних деформацій зсуву в залежності від напружено-деформованого стану пакету.
- залежність додаткових функцій від напружено-деформованого стану дозволяє змінювати як кінематичні, так і статичні умови контакту між шарами при послідовному навантаженні конструкції. Це дає змогу моделювати процеси

розвитку зон пластичності чи розшарування при кроковому навантаженні конструкції.

- порядок системи рівнянь є незалежною від кількості шарів величиною
- якщо апроксимуючі функції подати у формі степеневих рядів $\varphi_1^S = 1 - (x^1)^2$, $\varphi_2^S = 1 - (x^2)^2$ або $\varphi_3^S = 1 - (x^3)^2$, то можна перейти до відомих схем несумісних СЕ.

Матриця жорсткості вишуканого кінцевого елемента побудована відповідно до процедур МСЕ. Використовуючи стандартну процедуру MSCE та принцип зміни (2.11), ми записуємо зміни енергії деформації та кінетичної енергії скінченного елемента:

$$\delta W_{CE} = \sum_{r=1}^8 \sum_{t=1}^8$$

$$\delta K_{CE} = \sum_{r=1}^8 \sum_{t=1}^8$$

В $g_{rt}^{i'p'}$ розглянутому восьмивузловому скінченному елементі до — коефіцієнтів матриці жорсткості з полілінійним розподілом функцій переміщень

додаються $\tilde{g}_n^{i'p'}$ — додаткові коефіцієнти матриці жорсткості уточненого СЕ, що враховують вплив неоднорідності розподілу деформацій поперечного зсуву й обтиснення;

та $m_n^{i'p'}$ — коефіцієнти матриці мас СЕ з полілінійним законом розподілу функцій переміщень, що враховують інерцію від поступального руху СЕ й інерцію СЕ від узагальненого зсуву;

додаються $\tilde{m}_n^{i'p'}$ — коефіцієнти матриці мас СЕ, що враховують інерцію, викликану неоднорідністю деформацій поперечного зсуву й обтиснення;

Таким чином, отримують $G_n^{i'p'}$ — коефіцієнти матриці жорсткості уточненого СЕ; $M_n^{i'p'}$ — коефіцієнти матриці мас уточненого СЕ.

Нарешті, коефіцієнти лінеаризованої матриці жорсткості розглянутого СЕ визначаються формулами:

$$\begin{aligned}
 G_{fsrt}^{t'p'} &= \tilde{G}_{fsrt}^{t'p'} + \tilde{\tilde{G}}_{fsrt}^{t'p'} = \\
 &= \frac{1}{4} \sum_{m=1}^M \int_{h_m} \left[c_{cm}^{ijkl} \left\{ \tilde{B}_{klf(r)}^{mt'} \tilde{B}_{ijs(t)}^{mp'} + \frac{1}{3} \tilde{D}_{klvf(r)}^{mt'} \tilde{D}_{ijvs(t)}^{mp'} \omega_{ij}^{vv} + \frac{1}{9} \tilde{A}_{klvlf(r)}^{mt'} \tilde{A}_{ijvls(t)}^{mp'} \delta_{ij}^{33} \omega_{\mu}^v \right\} + \right. \\
 &\quad \left. + g_m^{kp} \left\{ \sigma_{n-1m}^{oj} \tilde{B}_{ijkpsfr}^{mt'p'} + \frac{1}{3} \sigma_{n-1vm}^{ij} \tilde{D}_{ijkpvsrt}^{mt'p'} \omega_{ij}^{vv} + \frac{1}{9} \sigma_{n-1v\mu m}^{ij} \tilde{A}_{ijkpvlsrf}^{mt'p'} \delta_{ij}^{33} \omega_{\mu}^v \right\} \right] \sqrt{g_m} dx^3.
 \end{aligned} \tag{3.26}$$

Розглянутий елемент впроваджено в систему APROX. Використання цього елемента у вирішенні великої кількості задач тесту та прикладних досліджень стану напруженості деформації багат шарових структур простору показало його високу ефективність та результати конвергенції, отримані з SAE-систем.

3. Опис програмного забезпечення

Багато сучасних пакетів МСЕ спеціально включають спеціальні елементи, такі як теплові, електромагнітні, рідкі та структурні робочі середовища. Програми МСЕ надають широкий спектр можливостей моделювання для контролю складності та моделювальних та аналітичних систем. У більшості інженерних застосувань ви можете змінити бажаний рівень точності, час, необхідний для виконання необхідних та пов'язаних з ними обчислень. В даний час існує багато систем, які використовують МСЕ для побудови та обчислення різних конструкцій (MARK (США), ASKA (FRG), NORSAM (Норвегія), ESS IESS (США, Великобританія тощо), а також MIRASH, LIRA (НДІАС Госбуду СРСР), СУПЕР, АВТОР, БОЛІД, проза, СІПРИМАК, СОНАР (С. Гідропроект). Жук), РАСУДОК (Київпроект), КАСКАД (ЛКІ), ГАМА (Київський ЗДІЕП), КОРПУС (Ленінградський проект промислового будівництва), НАСТРАН (С АРARKS), найкращим для цієї мети, на мою думку, є APROKS, оскільки можна легко встановити алгоритми обчислення, не переробляючи проект спеціально під ними, а також він має модульну систему з можливістю групувати елементи до асоціюють блоки та встановлюють різні параметри, а також розробку кафедри КПСМ інженерно-хімічного факультету КПІ ім. Ігор Сікорський тому, якщо вам потрібні роз'яснення та потрібна допомога, ви можете звернутися до розробників.

Обчислювальний комплекс APROX орієнтований на вирішення широкого спектру задач, механіки деформованих просторових систем: як у лінійних, так і фізично та геометрично нелінійних формулюваннях.

Ідея створення об'єктно-орієнтованих систем призвела до необхідності виконання ряду вимог, серед яких важливе місце займали відкритість системи та гнучкість її структури при пристосуванні до різних об'єктів.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання магістерської дисертації на тему «Визначення місця встановлення датчиків системи інформаційної підтримки життєвого циклу аміакопроводу» отримані наступні результати:

1. Обрано для розрахунків метод скінченних елементів.
2. Розглянуто основні співвідношення для восьмивузлового багат шарового скінченного елемента .
3. Серед списку програм, що базуються на МСЕ, обрано автоматизовану систему міцнісних розрахунків оболонкових і комбінованих систем АПРОКС.
4. Виявлено переваги програмного забезпечення АПРОКС перед його конкурентами.

Розрахунки
до магістерської дисертації
на тему:
«Визначення місця встановлення датчиків системи інформаційної
підтримки життєвого циклу аміакопроводу»

Київ 2019

ЗМІСТ

1. Побудова моделі конструкції моста.....	56
2. Розрахунок глобальної задачі	59
ВИСНОВКИ.....	61

1. Побудова моделі конструкції моста

Для розробки дизайну була створена мова програмування FORTRAN, яка створює проект і записує туди всі необхідні елементи. Це зроблено в Microsoft Visual Studio в якому було створено проект в форматі F90.

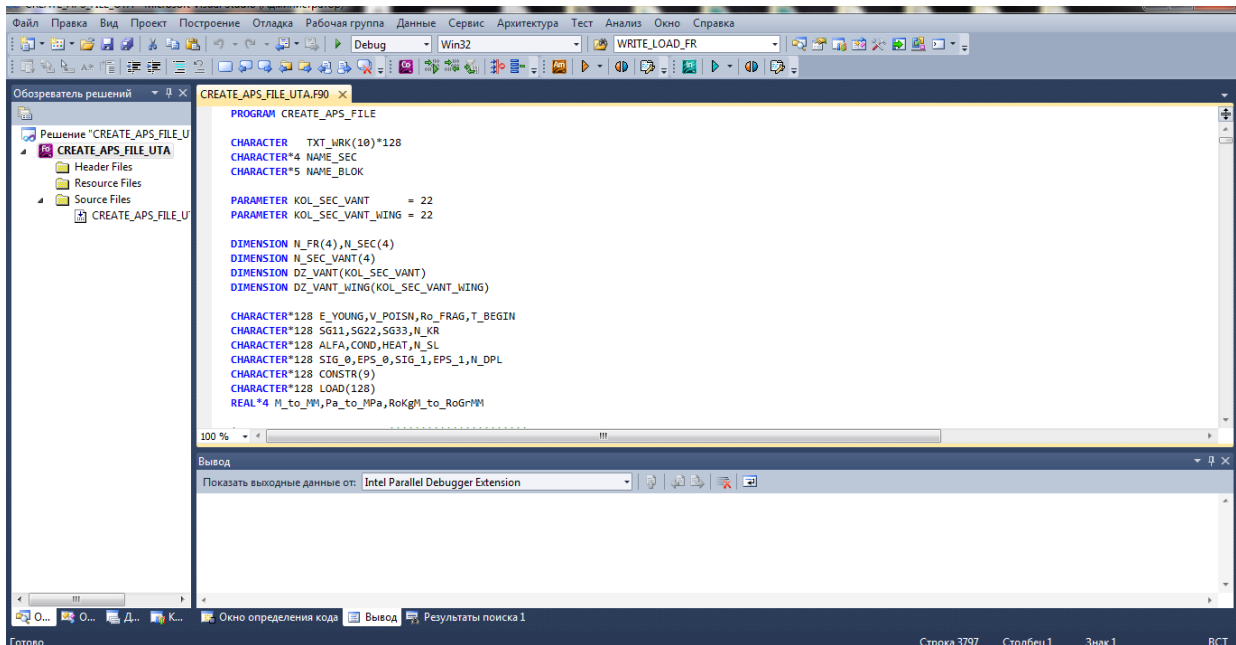


Рис.1.1 Проект в Microsoft Visual Studio

Після запуску програми відкриваємо проект і бачимо що всі необхідні елементи (рис. 1.2.- 1.4.) і змінні (рис. 1.5.) створені.



Рис. 1.2. Елемент пілона



Рис. 1.3. Модель пілона

Готова модель мостового переходу аміакопроводу зображена на рис..

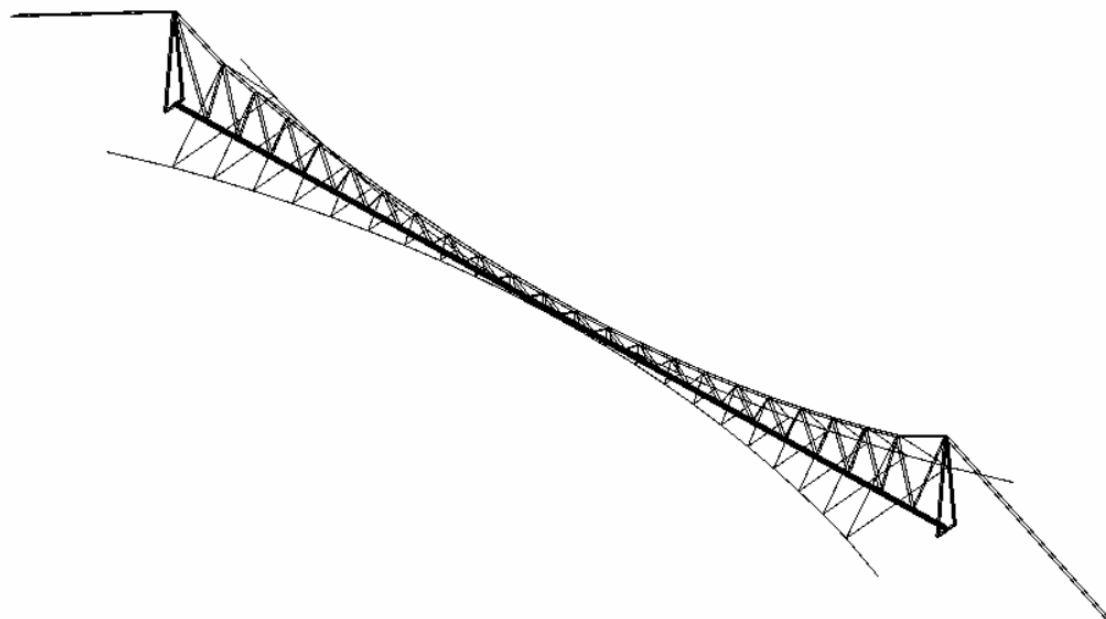


Рис. 1.4. Модель мостового переходу аміакопроводу

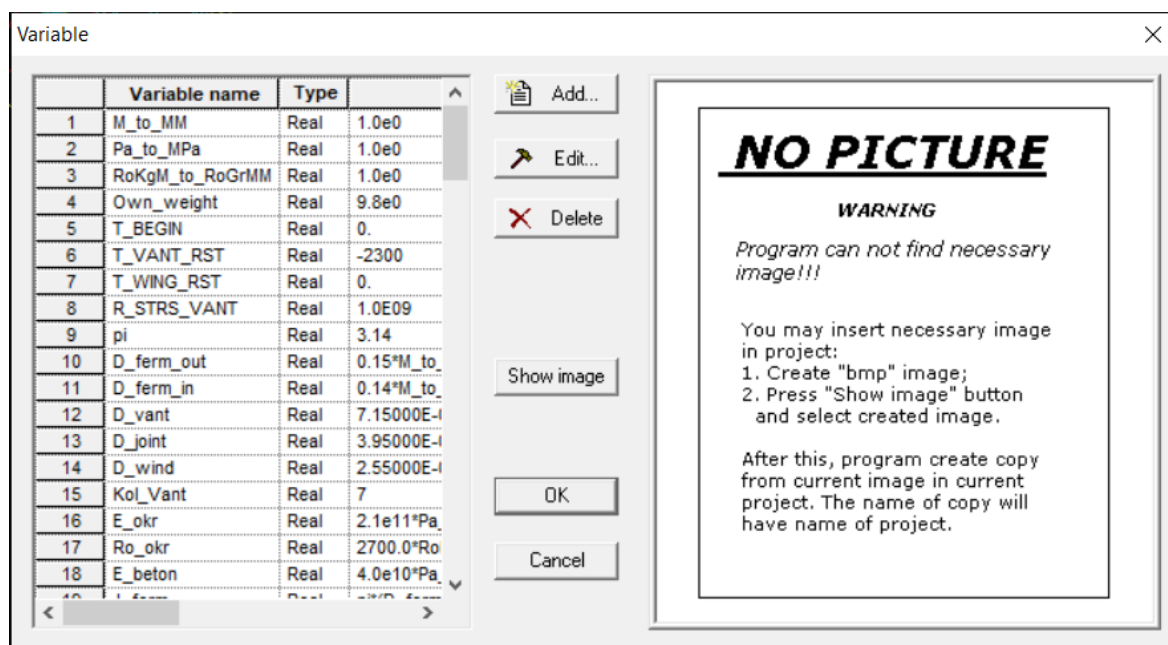


Рис. 1.5. Змінні в діалоговому вікні APROKS

Отримавши готову модель моста, ми перевіряємо навантаження в меню Load (рис. 1.6.).

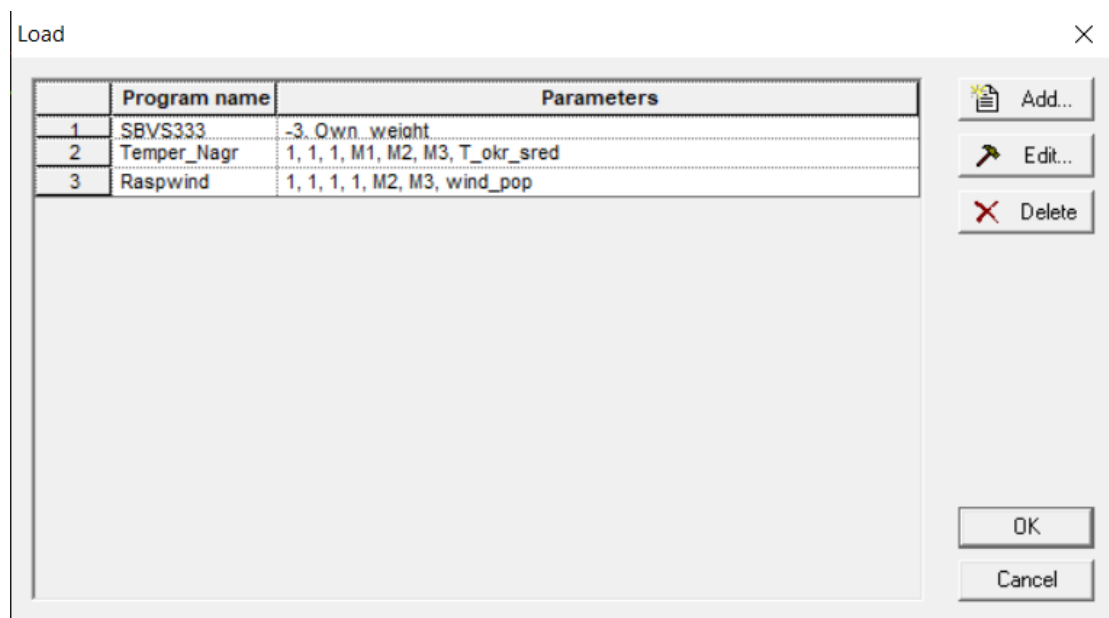


Рис. 1.6. Діалогове вікно Load

2. Розрахунок глобальної задачі

Розрахунки проводились по алгоритму ST333, для термічних деформацій (рис.2.1).

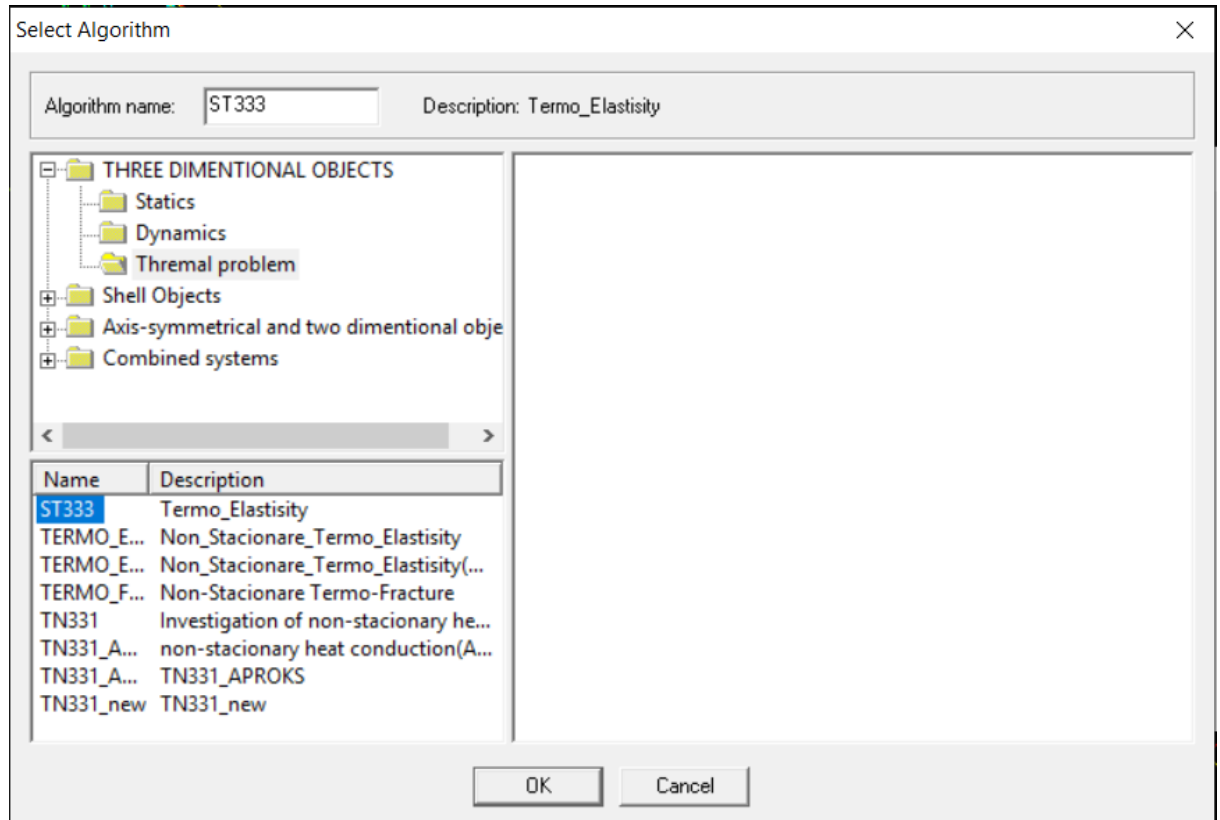


Рис.2.1 Алгоритм розрахунку ST333

Потім додаємо потрібну кількість алгоритмів і міняючи напрям вітру робимо розрахунки для кожного з них (рис.2.2).

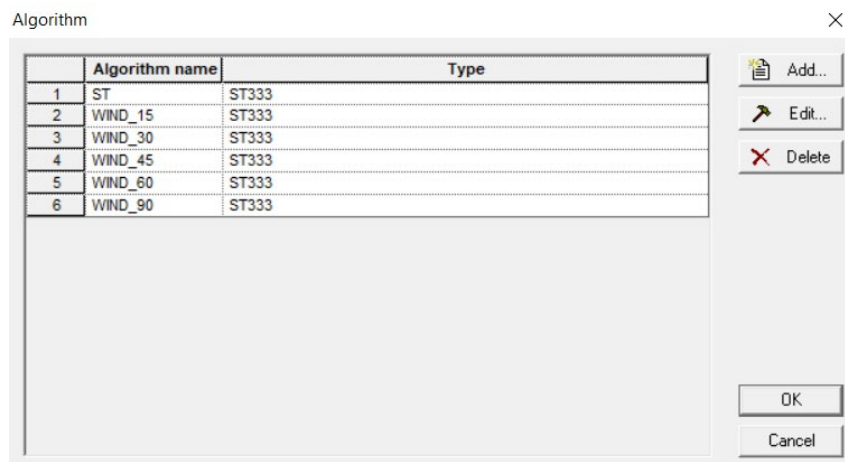


Рис.2.2 Алгоритми

Отримуємо результат (рис.2.3, рис.2.4).

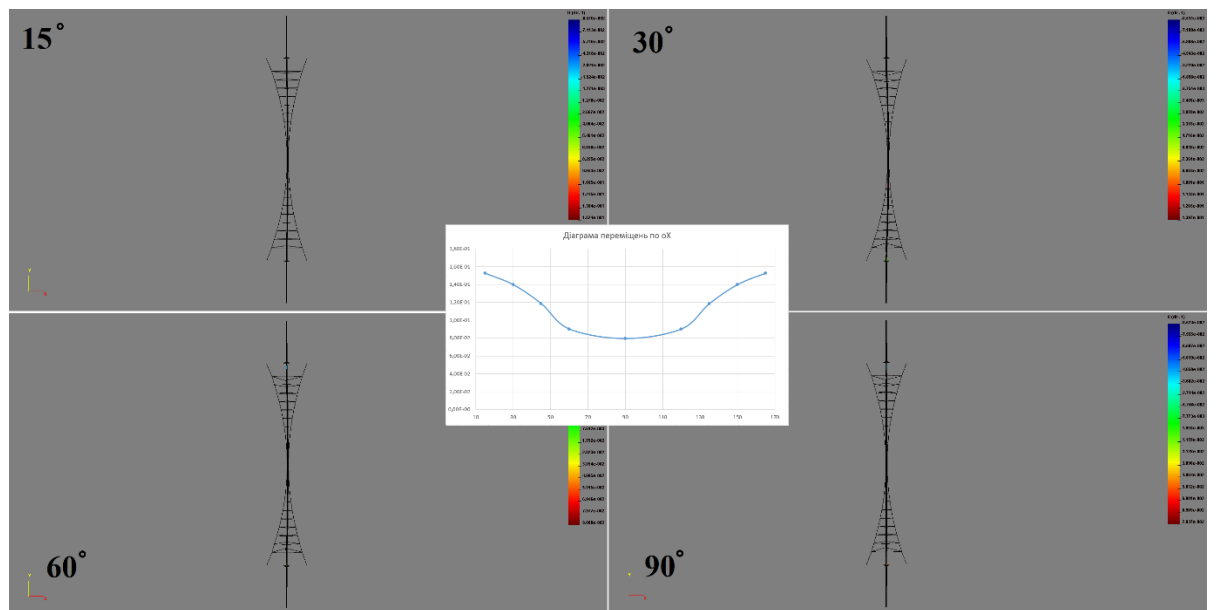


Рис.2.3 Деформація мосту від вітру в масштабі 10000:1

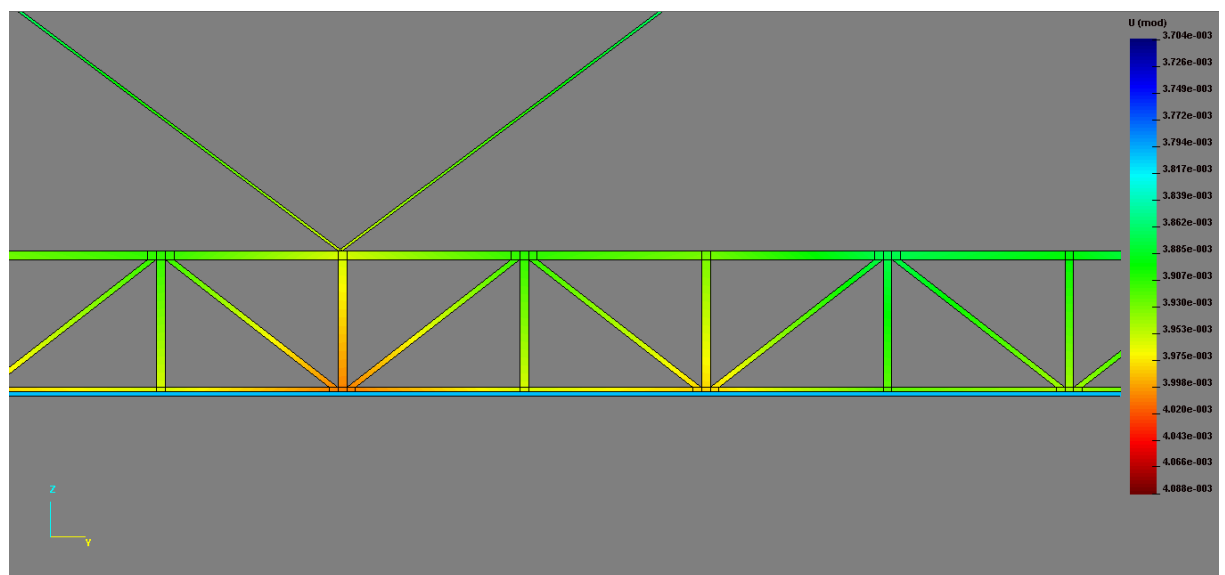


Рис.2.4 Навантаження на елементи мосту

ВИСНОВКИ

У результаті виконання магістерської дисертації на тему «Визначення місця встановлення датчиків системи інформаційної підтримки життєвого циклу аміакопроводу» отримані наступні результати:

1. Програмний код системи генерації скінчено елементної моделі мостового переходу для вирішення глобальної задачі.

2. Розрахунки компонентів тензора напружень і вектори переміщень глобальної задачі мостового переходу виконано в системі автоматизації розрахунків на міцність АПРОКС, за допомогою алгоритму ST333 .

Список використаних джерел та матеріалів

1. Метод конечных элементов в механике твердых тел. / Под общ. ред. А.С. Сахарова и И. Альтенбаха. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1982. - 480 с.
2. Сабоннадьер Ж.-К., Кулон Ж.-Л. Метод конечных элементов и САПР: Пер. с франц. – М.: Мир, 1989. – 190 с., ил.
3. Партон В.З., Морозов Е.М. Механика упруго-пластического разрушения. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 504 с.
4. Д. Броек Основы механики разрушения. – М.: Высш. школа, 1980. – 368с..
5. Сахаров О.С. САПР. Застосування програмного комплексу ВЕСНА в розрахунках процесів і обладнання з врахуванням термосилових навантажень - Навчальний посібник / Сахаров О.С., Гондлях О.В., Сівецький В.І., Щербина В.Ю. // К.: Т«ЕКМО», 2008 р. – 180с.: іл. -180 с.
6. Сахаров О.С. САПР. Інтегрована система моделювання технологічних процесів і розрахунку обладнання хімічної промисловості / Сахаров А.С., Гондлях А.В., Сівецький В.І., Щербина В.Ю. // К.: ТОВ «Поліграф Консалтинг», 2006, -156 с.
7. Сахаров О.С. САПР. Автоматизоване конструкторське та технологічне проектування з використанням AutoLisp . - Навчальний посібник / Сахаров О.С. Гондлях А.В., Сівецький В.Ю. Щербина В.Ю. // К.: Т«ЕКМО», 2008 р. – 208с.: іл. -208 с.
8. Сахаров О.С. САПР. Програмування на функціональній мові AutoLISP при проектуванні технологічного обладнання. – Підручник /

Сахаров О.С., Гондлях О.В., Сівецький В.І., Щербина В.Ю. // К.: Видавництво —ЕКМО, 2010. -154 с.

9. Гондлях А.В. Итерационно-аналитическая теория деформирования многослойных оболочек // Сопротивление материалов и теория сооружений. - К.: Будивельник.-1988.-N53.-с.33-37.

10. Баженов В.А. Нелинейные задачи механики многослойных оболочек / Баженов В.А., Сахаров А.С., Гондлях А.В., Мельников С.Л. // Монография. - К.: НД Будмехан ки.-1994.-264с.

11. Сахаров, О. С. Модификация метода Ритца для расчета массивных тел на основе полиномиальных разложений с учетом жестких смещений // Сопротивление материалов и теория сооружений. — К.: Будівельник. 1974. — № 23. — С. 47-52.

12. Сахаров, О. С. Метод конечных элементов в механике твердых тел // К.: Вища школа, 1982, С. 214–279.

13. Ильюшин А.А. Пластичность. – М.-Л.:ГИТЛ, 1948.

14. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести // М.: Машиностроение, 1975. – 400 с..

15. САПР. Система інформаційної підтримки життєвого циклу захисних оболонок та обладнання АЕС/О. В. Гондлях, В. І. Сівецький, В. Ю. Щербина, А. О. Чемерис, В. Ю. Онопрієнко. – К. : НТУУ «КПІ», 2014. – 190с. – Бібліогр. : с. 182-187. – 300пр.

16. Гондлях О.В., Сахаров О.С., Щербина В.Ю., Сівецький В.І., Чемерис А.О. С19 САПР. ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕЛІНІЙНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ТА РУЙНУВАННЯ БАГАТОШАРОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ХІМІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ. Частина 1. ПРУЖНІ МУФТИ . — К.: ВП «Едельвейс», 2011. -172 С.

17. НАКАЗ 11.01.2005 №2, Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації магістральних трубопроводів для транспортування рідкого аміаку (аміакопроводів)

Додатки
до дипломного проекту
на тему:
«Оцінка довговічності аміакопроводу через р. Дніпро від дії
сезонної зміни температур»

Київ 2019

В програмі спочатку були задані змінні для зручності:

```
PROGRAM CREATE_APS_FILE

CHARACTER    TXT_WRK(10)*128
CHARACTER*4  NAME_SEC

PARAMETER KOL_SEC_VANT      = 22
PARAMETER KOL_SEC_VANT_WING = 22

DIMENSION N_FR(4),N_SEC(4)
DIMENSION N_SEC_VANT(4)
DIMENSION DZ_VANT(KOL_SEC_VANT)
DIMENSION DZ_VANT_WING(KOL_SEC_VANT_WING)

CHARACTER*128 E_YOUNG,V_POISN,Ro_FRAG,T_BEGIN
CHARACTER*128 SG11,SG22,SG33,N_KR
CHARACTER*128 ALFA,COND,HEAT,N_SL
CHARACTER*128 SIG_0,EPS_0,SIG_1,EPS_1,N_DPL
CHARACTER*128 CONSTR(9)
CHARACTER*128 LOAD(128)
```

Додано оператор який створює або редагує файл проекту:

```
OPEN(NFILE,FILE='G:\APROKS_2019_UTA\PROJECT\BRIDGE_UTA\BRIDGE_UTA.APS',STATUS='UNKNOWN',ACCE
SS='SEQUENTIAL',err=1000)
```

Наведений нижче блок додає зміну в проект APROKS:

```
write(NFILE,*)'set Var = Model.AddVariable'
write(NFILE,*)'    Var.Name  = "snow_h"'
write(NFILE,*)'    Var.Type  = CLng(0)'
write(NFILE,*)'    Var.Value = "1800"'
```

Потім по блокам для кожних однотипних елементів зроблено код які створює елементи:

```
write(NFILE,'(A)')'set b_PILON = Model.AddBlockFragment("PILON")'
    NOM_FR    = 0
    NAME_BLOK = 'PILON'
    NAME_SEC  = 'PILN'
```

```

E_YOUNG = 'E_PILON'
V_POISN = 'V_PILON'
Ro_FRAG = 'Ro_PILON'
T_BEGIN = 'T_BEGIN'
ALFA     = 'ALFA_PILON'
N_DPL    = '6'
NOM_SEC_PILON = 1
CALL NOM_4(NOM_SEC_PILON, N_SEC)
!set f_P001 = b_PILONS_LEFT.AddFragment("P001")
CALL WRITE_NOM_SEC(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, NAME_BLOK)

```

Фрагменти лівого пілона:

```

NOM_FR = NOM_FR+1
CALL NOM_4(NOM_FR, N_FR)
CALL WRITE_TOPOLOGY_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR)
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)')'f_',NAME_SEC,N_FR(1:4),'.SetMeshSize
"ma","ma","M3_STOYKI"
write(NFILE,*)"' Geometry"
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)')'f_',NAME_SEC,N_FR(1:4),'.MeshGenerator =
"LIC_ALFA_13"
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)')'f_',NAME_SEC,N_FR(1:4),'.ProgIndex      = CLng(0)'
WRITE(TXT_WRK(1), '(A)')'"B_PILONA/2", '
WRITE(TXT_WRK(2), '(A)')'"Y0_PILONA", '
WRITE(TXT_WRK(3), '(A)')'"0", '
WRITE(TXT_WRK(4), '(A)')'"A_PILONA", '
WRITE(TXT_WRK(5), '(A)')'"A_PILONA", '
WRITE(TXT_WRK(6), '(A)')'"H_PILONA", '
WRITE(TXT_WRK(7), '(A)')'"0", '
WRITE(TXT_WRK(8), '(A)')'"-DELTA")'
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)')'f_',NAME_SEC,N_FR(1:4),'.MeshParameters=
Array('//TRIM(TXT_WRK(1))//TRIM(TXT_WRK(2))//TRIM(TXT_WRK(3))//TRIM(TXT_WRK(4))//TRIM(TXT_WRK(5))//TRIM(TXT_WRK(6))//TRIM(TXT_WRK(7))//TRIM(TXT_WRK(8))
CALL WRITE_PROPERTIES_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR,      &
                        E_YOUNG, V_POISN, Ro_FRAG, T_BEGIN, &
                        ALFA,      &
                        N_DPL)

```

Фрагменти правого пілона:

```

NOM_SEC_PILON = 2
!  NOM_FR      = 0
CALL NOM_4(NOM_SEC_PILON, N_SEC)

```

```

CALL WRITE_NOM_SEC(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, NAME_BLOK)

!_FRAGMENT_P008_!!!! ПИЛОН_ВТОРОЙ
(ПРАВЫЙ)!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!,

NOM_FR = NOM_FR+1

CALL NOM_4(NOM_FR, N_FR)

CALL WRITE_TOPOLOGY_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR)

write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.SetMeshSize
"ma", "ma", "M3_STOYKI"'

write(NFILE, *) "' Geometry"

write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.MeshGenerator =
"LIC_ALFA_13"'

write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.ProgIndex = CLng(0)'

WRITE(TXT_WRK(1), '(A)') "'B_PILONA/2", '
WRITE(TXT_WRK(2), '(A)') "'Y0_PILONA+DL_FERM+A_PILONA", '
WRITE(TXT_WRK(3), '(A)') "'0", '
WRITE(TXT_WRK(4), '(A)') "'A_PILONA", '
WRITE(TXT_WRK(5), '(A)') "'A_PILONA", '
WRITE(TXT_WRK(6), '(A)') "'H_PILONA", '
WRITE(TXT_WRK(7), '(A)') "'0", '
WRITE(TXT_WRK(8), '(A)') "'-DELTA")'

write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.MeshParameters=
Array('//TRIM(TXT_WRK(1))//TRIM(TXT_WRK(2))//TRIM(TXT_WRK(3))//TRIM(TXT_WRK(4))//TRIM(TXT_WRK(5))//TRIM(TXT_WRK(6))//TRIM(TXT_WRK(7))//TRIM(TXT_WRK(8))

CALL WRITE_PROPERTIES_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR, &
                        E_YOUNG, V_POISN, Ro_FRAG, T_BEGIN, &
                        ALFA, &
                        N_DPL)

```

Частина програми для розрахунку координат розміщення вант:

```

!_Начало по Y вантовой системы
!_Количество секций фермы между вантами
N_section_vant = 10
!_Расстояние между узлами вант
dl_section_vant = dl_section_ferm*N_section_vant
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

!      КООРДИНАТЫ ОПОРНЫХ ТОЧЕК ВАНТ ВЕРХНЕЙ СИСТЕМЫ
H_PILON = 87.0E0*M_to_MM
H_nad_ferm = 13.5E0*M_to_MM
DL_FRM = DL_FERM - dl_section_ferm*10.E0
H_frm = H_nad_ferm
H_PILN = H_PILON
Y_A = H_frm

```

[illegible]

```

NOM_FR = NOM_FR+1
CALL NOM_4(NOM_FR, N_FR)
! N_FR(1) = N_SEC(3)
! N_FR(2) = N_SEC(4)
CALL WRITE_TOPOLOGY_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR)
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.SetMeshSize
"ma_VANT", "mr_WIND", "ma_VANT"
write(NFILE, *) "' Geometry"
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.MeshGenerator =
"LIC_ALFA_3_12"
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.ProgIndex = CLng(0)'
WRITE(TXT_WRK(1), '(A,E,A)') '"', DZ_VANT_WING(NOM_SEC_VANT_WING), '+X0+lx-a', '
WRITE(TXT_WRK(2), '(A,I4,A)') '"', (NOM_SEC_VANT_WING), '*LY_VANT + Y0_VANT + A +
LY_VANT2", '
WRITE(TXT_WRK(3), '(A)') '"Z0", '
! WRITE(TXT_WRK(4), '(A)') '"a", '
WRITE(TXT_WRK(4), '(A)') '" A_JOINT", '
WRITE(TXT_WRK(5), '(A)') '"LY_VANT-A", '
! WRITE(TXT_WRK(6), '(A)') '"a", '
WRITE(TXT_WRK(6), '(A)') '" A_JOINT", '
WRITE(TXT_WRK(7), '(A,E,A)') '"', DZ_VANT_WING(NOM_SEC_VANT_WING+1), '+X0+lx-a", '
WRITE(TXT_WRK(8), '(A,E,A)') '"', 0.D0, '"')
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.MeshParameters=
Array('//TRIM(TXT_WRK(1))//TRIM(TXT_WRK(2))//TRIM(TXT_WRK(3))//TRIM(TXT_WRK(4))//TRIM(TXT_WR
K(5))//TRIM(TXT_WRK(6))//TRIM(TXT_WRK(7))//TRIM(TXT_WRK(8))
LOAD(1) = 'Temper_Nagr'
LOAD(2) = '1'
LOAD(3) = '1'
LOAD(4) = '1'
LOAD(5) = 'M1'
LOAD(6) = 'M2'
LOAD(7) = 'M3'
LOAD(8) = 'T_WING_RST'
CALL WRITE_LOAD_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR, LOAD)
CALL WRITE_PROPERTIES_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR,
&
E_YOUNG, V_POISN, Ro_FRAG, T_BEGIN, &
ALFA, &
N_DPL)

```

Початок блоку і елемента вантів верхнього пояса:

```

NOM_SEC_VANT = 0
CALL NOM_4(NOM_SEC_VANT, N_SEC)

```

```

write(NFILE, '(A)') 'set b_VKANA = Model.AddBlockFragment("VRANA")'
NAME_BLOK = 'VKANA'
NAME_SEC = 'VKAN'
E_YOUNG = 'E_VKAN'
V_POISN = 'V_VKAN'
Ro_FRAG = 'Ro_VKAN'
T_BEGIN = 'T_BEGIN'
ALFA = 'ALFA_VKAN'
N_DPL = '4'

CALL WRITE_NOM_SEC(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, NAME_BLOK)

!_FRAGMENT_V001_!!!ПЕРВЫЕ _
кубики_!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!,

NOM_FR = NOM_FR+1
CALL NOM_4(NOM_FR, N_FR)

! N_FR(1) = N_SEC(3)
! N_FR(2) = N_SEC(4)

CALL WRITE_TOPOLOGY_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR)

write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.SetMeshSize
"ma_VANT", "ma_VANT", "ma_VANT" '

write(NFILE, *) "' Geometry"

write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.MeshGenerator =
"LIC_ALFA_32" '

write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.ProgIndex = CLng(0) '

WRITE(TXT_WRK(1), '(A,I4,A)') '"X0+lx-a", '
WRITE(TXT_WRK(2), '(A,I4,A)') '"Y0_VANT", '
WRITE(TXT_WRK(3), '(A,E,A)') '"Z0+H_PILONA", '
WRITE(TXT_WRK(4), '(A,I4,A)') '"a", '
WRITE(TXT_WRK(5), '(A,I4,A)') '"a", '
WRITE(TXT_WRK(6), '(A,I4,A)') '"a", '
WRITE(TXT_WRK(7), '(A,I4,A)') '"0.E0", '
WRITE(TXT_WRK(8), '(A,I4,A)') '"0.E0" '

write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.MeshParameters=
Array('//TRIM(TXT_WRK(1))//TRIM(TXT_WRK(2))//TRIM(TXT_WRK(3))//TRIM(TXT_WRK(4))//TRIM(TXT_WRK(5))//TRIM(TXT_WRK(6))//TRIM(TXT_WRK(7))//TRIM(TXT_WRK(8))

LOAD(1) = 'Temper_Nagr'
LOAD(2) = '1'
LOAD(3) = '1'
LOAD(4) = '1'
LOAD(5) = 'M1'
LOAD(6) = 'M2'
LOAD(7) = 'M3'

```

```

LOAD(8) = 'T_VANT_RST'
CALL WRITE_LOAD_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR, LOAD)
CALL WRITE_PROPERTIES_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR,      &
                        E_YOUNG, V_POISN, Ro_FRAG, T_BEGIN,  &
                        ALFA,                                     &
                        N_DPL)

```

Початок блоку і елемента вантів розкосих:

```

NOM_SEC_VANT = 0
CALL NOM_4(NOM_SEC_VANT, N_SEC)
  write(NFILE, '(A)') 'set b_VJNTT = Model.AddBlockFragment("VJNTT")'
  NAME_BLOK = 'VJNTT'
  NAME_SEC = 'VJNT'
  E_YOUNG = 'E_VJNT'
  V_POISN = 'V_VJNT'
  Ro_FRAG = 'Ro_VJNT'
  T_BEGIN = 'T_BEGIN'
  ALFA = 'ALFA_VJNT'
  N_DPL = '5'
CALL WRITE_NOM_SEC(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, NAME_BLOK)
!_FRAGMENT_V001_ПЕРВЫЕ_Силовой пояс!
ДИАГОНАЛЬНЫЕ!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!,
  NOM_FR = 0
  CALL NOM_4(NOM_FR, N_FR)
!  N_FR(1) = N_SEC(3)
!  N_FR(2) = N_SEC(4)
  CALL WRITE_TOPOLOGY_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR)
  write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.SetMeshSize
"ma_VANT", "ma_VANT", "MR_VANT"'
  write(NFILE, *) "' Geometry"
  write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.MeshGenerator = "Rib_YZ"'
  write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.ProgIndex = CLng(0)'
  WRITE(TXT_WRK(1), '(A,I4,A)') '"X0+lx-A_JOINT2", '
  WRITE(TXT_WRK(2), '(A,I4,A)') '"Y0_VANT+LY_VANT+A_JOINT2", '
  WRITE(TXT_WRK(3), '(A,I4,A)') '"Z0+LZ", '
  WRITE(TXT_WRK(4), '(A,I4,A)') '"Y0_VANT+A_JOINT2", '
  WRITE(TXT_WRK(5), '(A,I4,A)') '"Z0+H_PILONA", '
  WRITE(TXT_WRK(6), '(A,I4,A)') '"A_JOINT"'
  write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.MeshParameters=
Array(' //TRIM(TXT_WRK(1))//TRIM(TXT_WRK(2))//TRIM(TXT_WRK(3))//TRIM(TXT_WRK(4))//TRIM(TXT_WR
K(5))//TRIM(TXT_WRK(6))
  CALL WRITE_PROPERTIES_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR,      &

```



```

E_YOUNG, V_POISN, Ro_FRAG, T_BEGIN, &
ALFA, N_DPL)

```

Для ферми було зроблено цикл для потрібної кількості блоків ферм.
Початок блоку ферми:

```

write(NFILE,'(A)')'set b_FERM1 = Model.AddBlockFragment("FERM1")'
NAME_BLOK = 'FERM1'
NAME_SEC = 'FERM'
E_YOUNG = 'E_FERM'
V_POISN = 'V_FERM'
Ro_FRAG = 'Ro_FERM'
T_BEGIN = 'T_BEGIN'
ALFA = 'ALFA_FERM'
N_DPL = '1'
N_section_ferm_1 = NOM_SEC_VANT + 1
N_section_ferm_2 = N_section_ferm_1 + N_section_ferm
DO I = 1,N_section_ferm,2
    NOM_SEC = i
    CALL NOM_4( NOM_SEC, N_SEC)
    NAME_SEC = 'FERM'
    CALL WRITE_NOM_SEC(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, NAME_BLOK)

```

Елемент ферм:

```

!_FRAGMENT_09!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!!!!!!!!!!!,
    NOM_FR = NOM_FR+1
    CALL NOM_4(NOM_FR, N_FR)
!   N_FR(1) = N_SEC(3)
!   N_FR(2) = N_SEC(4)
    CALL WRITE_TOPOLOGY_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR)
    write(NFILE,'(A,A4,4I1,A)')'f_',NAME_SEC,N_FR(1:4),'.SetMeshSize    "ma","ma","MR"'
    write(NFILE,*)"' Geometry"
    write(NFILE,'(A,A4,4I1,A)')'f_',NAME_SEC,N_FR(1:4),'.MeshGenerator = "rib_yz"'
    write(NFILE,'(A,A4,4I1,A)')'f_',NAME_SEC,N_FR(1:4),'.ProgIndex    = CLng(0)'
    WRITE(TXT_WRK(1),'(A,I4,A)')'"X0+lx-a2",'
    WRITE(TXT_WRK(2),'(A,I4,A)')'"', (NOM_SEC-1), '*ly+a+a2",'
    WRITE(TXT_WRK(3),'(A,I4,A)')'"a",'
    WRITE(TXT_WRK(4),'(A,I4,A)')'"', (NOM_SEC), '*ly-a2-a+a",'
    WRITE(TXT_WRK(5),'(A,I4,A)')'"lz-a",'

```



```

CALL WRITE_TOPOLOGY_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR)
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.SetMeshSize    "ma", "ma", "my"'
write(NFILE, *) "' Geometry"
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.MeshGenerator = "RIb_XY"'
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.ProgIndex      = CLng(0)'
WRITE(TXT_WRK(1), '(A,I4,A)') '"X0+lx-a2", '
WRITE(TXT_WRK(2), '(A,I4,A)') '"', (NOM_SEC-1), '*ly+a+a", '
WRITE(TXT_WRK(3), '(A,I4,A)') '"a2", '
WRITE(TXT_WRK(4), '(A,I4,A)') '"X0+lx-a2", '
WRITE(TXT_WRK(5), '(A,I4,A)') '"', (NOM_SEC-1), '*ly+ly", '
WRITE(TXT_WRK(6), '(A,I4,A)') '"a")'

write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.MeshParameters=
Array('//TRIM(TXT_WRK(1))//TRIM(TXT_WRK(2))//TRIM(TXT_WRK(3))//TRIM(TXT_WRK(4))//TRIM(TXT_WRK(5))//TRIM(TXT_WRK(6))

LOAD(1) = 'SBVS333'
LOAD(2) = '-3'
LOAD(3) = 'Own_weight'
CALL WRITE_LOAD_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR, LOAD)
CALL WRITE_PROPERTIES_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR,      &
                        E_YOUNG, V_POISN, Ro_FRAG, T_BEGIN, &
                        ALFA,      &
                        N_DPL)

```

Для створення фрагментів, блоків і навантажень створено функції.
 Функція для створення фрагментів:

```

SUBROUTINE WRITE_TOPOLOGY_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR)

CHARACTER*4 NAME_SEC
DIMENSION N_SEC(4), N_FR(4)
write(NFILE, '(A,4I1,A)') "'----- Fragment", N_FR, '-----'

!set b_VANT_0000 = Model.AddBlockFragment("VANT_0000")
!'----- Fragment0000-----
!set f_0000 = b_VANT_0000.AddFragment("0000")
!write(NFILE, '(A,4I1,A,4I1,A,4I1,A)') 'set f_', N_FR(1:4), ' =
b_SECTION_', N_SEC(1:4), '.AddFragment("", N_FR(1:4), "")'
!write(NFILE, '(A,4I1,A,A4,A1,4I1,A,4I1,A)') 'set f_', N_FR(1:4), ' =
b_', NAME_SEC, ' ', N_SEC(1:4), '.AddFragment("", N_FR(1:4), "")'
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A,A4,A1,4I1,A,A4,4I1,A)') 'set f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), ' =
b_', NAME_SEC, ' ', N_SEC(1:4), '.AddFragment("", NAME_SEC, N_FR(1:4), "")'
write(NFILE, *) "' Topology"

```

```

write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)' 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.FragmType   = "P333"'
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)' 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.FragmSubType  = "NORMAL"'
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)' 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.ExtFragmType   = ""'
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)' 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.ExtProgName   = "APROKS"'
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)' 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.MatrixType   = CLng(0)'
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)' 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.LayersNumber= CLng(1)'

```

RETURN

END

Функція для створення блоків:

SUBROUTINE WRITE_NOM_SEC(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, NAME_BLOK)

CHARACTER*4 NAME_SEC

CHARACTER*5 NAME_BLOK

DIMENSION N_SEC(4), N_FR(4)

```

!write(NFILE, '(A,A4,A1,4I1,A, A4,A1,4I1,A)' 'set b_', NAME_SEC, ' ', N_SEC(1:4), ' =
Model.AddBlockFragment("", NAME_SEC, ' ', N_SEC(1:4), '')'

```

```

write(NFILE, '(A,A4,A1,4I1,A,A5,A, A4,A1,4I1,A)' 'set b_', NAME_SEC, ' ', N_SEC(1:4), ' =
b_', NAME_BLOK, '.AddBlockFragment("", NAME_SEC, ' ', N_SEC(1:4), '')'

```

```

!write(NFILE, '(A,4I1,A,4I1,A)' 'set b_SECTION_', N_SEC(1:4), ' =
Model.AddBlockFragment("SECTION_', N_SEC(1:4), '')'

```

RETURN

END

Функція для задання навантажень:

SUBROUTINE WRITE_LOAD_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR, LOAD)

CHARACTER*4 NAME_SEC

CHARACTER*128 LOAD(128)

DIMENSION N_SEC(4), N_FR(4)

```

! ' Load "Temper_Nagr"

```

```

!f_WKAN0001.AddLoadSection Array("Temper_Nagr", "1", "1", "1", "M1", "M2", "M3",
"T_WING_RST")

```

```

IF(TRIM(LOAD(1)).EQ. 'Temper_Nagr') THEN

```

```

write(NFILE,*) "' Load"

```

```

write(NFILE, '(A,A4,4I1,A,A,8(3A),A)' 'f_',
NAME_SEC,
N_FR(1:4),
&
&
&

```

```

'.AddLoadSection Array', &
'(', &
'''', TRIM(LOAD(1)), '"', ' ', &
'''', TRIM(LOAD(2)), '"', ' ', &
'''', TRIM(LOAD(3)), '"', ' ', &
'''', TRIM(LOAD(4)), '"', ' ', &
'''', TRIM(LOAD(5)), '"', ' ', &
'''', TRIM(LOAD(6)), '"', ' ', &
'''', TRIM(LOAD(7)), '"', ' ', &
'''', TRIM(LOAD(8)), '"', &
')'

END IF

!' Load
!f_FERM0114.AddLoadSection Array("Sobves", "-3")
IF (TRIM(LOAD(1)).EQ. 'Sobves') THEN
  write(NFILE,*) "' Load"
  write(NFILE, '(A,A4,4I1,A,A,2(3A),A)') 'f_', &
    NAME_SEC, &
    N_FR(1:4), &
    '.AddLoadSection Array', &
    '(', &
    '''', TRIM(LOAD(1)), '"', ' ', &
    '''', TRIM(LOAD(2)), '"', &
    ')'

END IF

!' Load
!f_FERM0114.AddLoadSection Array("SBVS333", "-3", "Own_weight")
IF (TRIM(LOAD(1)).EQ. 'SBVS333') THEN
  write(NFILE,*) "' Load"
  write(NFILE, '(A,A4,4I1,A,A,3(3A),A)') 'f_', &
    NAME_SEC, &
    N_FR(1:4), &
    '.AddLoadSection Array', &
    '(', &
    '''', TRIM(LOAD(1)), '"', ' ', &
    '''', TRIM(LOAD(2)), '"', ' ', &
    '''', TRIM(LOAD(3)), '"', &

```

')

END IF
RETURN
END